

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
7. Juli 2005 (07.07.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/061956 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **F21V 8/00**,
5/04, F21W 131/406, F21V 14/06, G02B 3/08, F21S 8/10,
F21V 14/02

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **SCHOTT AG** [DE/DE]; Hattenbergstrasse 10, 55122
Mainz (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/014642

(72) Erfinder; und

(22) Internationales Anmeldedatum:

22. Dezember 2004 (22.12.2004)

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **KITTELMANN**,
Rüdiger [DE/DE]; Birkenweg 5, 37574 Einbeck (DE).
WAGENER, Harry [DE/DE]; Eschenbachstrasse 12,
31061 Alfeld (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(74) Gemeinsamer Vertreter: **HERDEN, Andreas**; Blum-
bach & Zinngrebe, Alexandrastrasse 5, 65187 Wiesbaden
(DE).

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

103 61 121.5 22. Dezember 2003 (22.12.2003) DE

103 61 122.3 22. Dezember 2003 (22.12.2003) DE

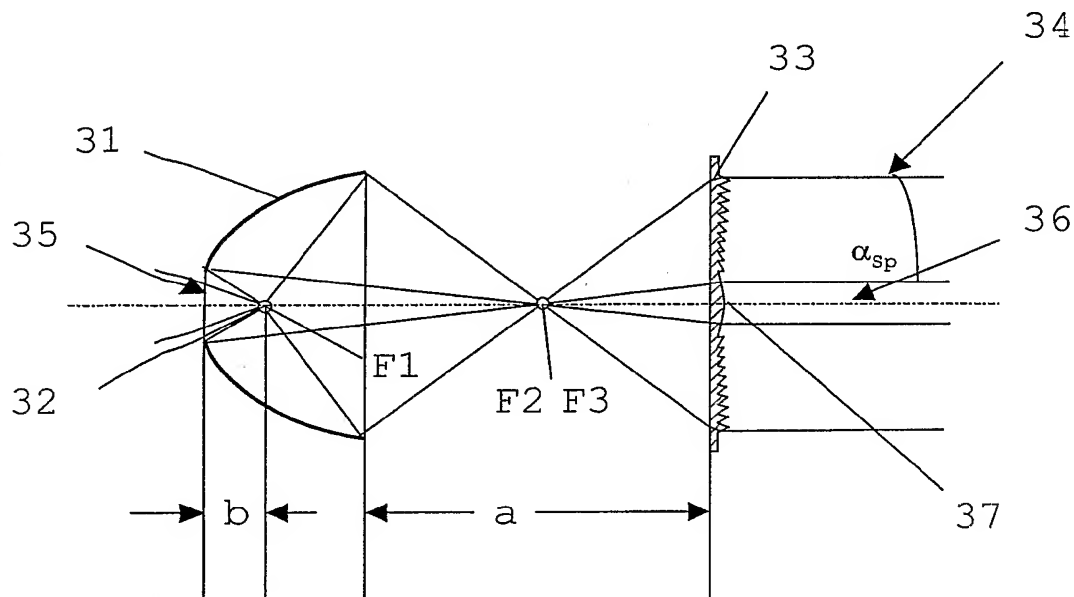
103 61 117.7 22. Dezember 2003 (22.12.2003) DE

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: OPTICAL ARRAY COMPRISING A FRESNEL LENS

(54) Bezeichnung: OPTISCHE ANORDNUNG MIT STUFENLINSE



(57) Abstract: The invention relates to an optical array for illumination purposes, especially for a Fresnel spotlight, comprising a Fresnel lens with a light-scattering element, particularly a diffusing screen. The diffusing screen is disposed in a first zone while the Fresnel lens is located in a second zone. The aperture angle of the light that emerges from the optical array is adjustable, especially between two threshold values, a lower α_{sp} and an upper one α_{F1} , when the form of the light impinging the optical array and/or the quantity of light illuminating the optical array change/s.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/061956 A1



GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL,

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung umfasst eine Optische Anordnung für beleuchtungstechnische Zwecke, insbesondere für einen Stufenlinsenscheinwerfer, umfassend eine Stufenlinse mit einem Licht streuenden Element, insbesondere einer Streuscheibe, bei welcher die Streuscheibe in einem ersten Bereich und die Stufenlinse in einem zweiten Bereich angeordnet sind und bei welcher mit der Änderung der Form des auf die optische Anordnung auftreffenden Lichts und/oder der Grösse des die optische Anordnung beleuchtenden Lichts der Öffnungswinkels des aus der optischen Anordnung austretenden Lichts, insbesondere zwischen zwei Grenzwerten, einem kleineren α_{sp} und einem grösseren α_{f1} , einstellbar ist.

Optische Anordnung mit Stufenlinse

5

Beschreibung

Die Erfindung betrifft allgemein eine optische Anordnung mit zumindest einer Stufenlinse und im Besonderen eine Stufenlinse mit integrierter Streuscheibe für beleuchtungstechnische Zwecke.

15

20

25

30

35

Stufen- oder Fresnellinsen gehen auf den französischen Physiker Augustin Jean Fresnel zurück, welcher bereits im neunzehnten Jahrhundert dieses auch als Ringlinse bezeichnete optische Element schuf. Stufen- oder Fresnellinsen weisen, im Gegensatz zu den ansonsten verwendeten optischen Linsen mit Vollkörper konzentrische, im Wesentlichen senkrecht zur Hauptebene der Linse angeordnete Stufen auf, zwischen welchen sich ringförmige Abschnitte befinden. Die optisch wirksamen Oberflächen der ringförmigen Abschnitte entsprechen in ihrer Form in etwa der Form von Oberflächenabschnitten einer normalen Linse mit vollem Körper, liegen aber wesentlich näher an der gegenüberliegenden Oberfläche der jeweiligen Linse. Ferner werden die optisch im Wesentlichen nicht wirksamen Flächen der Stufen möglichst parallel zur Hauptlichtausbreitungsrichtung angeordnet, um möglichst geringe Reflexionen oder wenig unerwünschtes Streulicht zu erzeugen. Daher weist eine Fresnellinse näherungsweise, bis auf durch die Stufen hervorgerufene Störungen, ähnliche Abbildungseigenschaften wie eine normale Linse auf. Trotz dieser Störungen hat die Fresnellinse jedoch wesentliche Vorteile gegenüber herkömmlichen Linsen, welche diesen Linsentyp bei vielen Anwendungen zur deutlich bevorzugten oder auch zur einzig möglichen Wahl werden lässt. Fresnellinsen weisen eine geringere Dicke auf, benötigen weniger an optischem Material, sind folglich leichter und haben eine geringere Absorption und somit auch eine geringere Aufheizung insbesondere bei deren Verwendung in lichttechnischen Einrichtungen mit hohen Lichtintensitäten.

Sehr vorteilhaft werden Fresnellinsen beispielsweise bei Stufenscheinwerfern für Theater, Bühne, Studio, Film oder auch für

BESTÄTIGUNGSKOPIE

architektonische Beleuchtungszwecke verwendet.

Durch die geringere Dicke der Fresnellinsen ist aber auch deren Herstellung oftmals wesentlich einfacher. Für das Prägen, Spritzgiessen oder Heissformen ist eine dünnere Fresnellinse in deren Abkühl- und Entformungsverhalten wesentlich besser zu beherrschen als deren Gegenstück mit vollem Volumen. Mit zunehmender Grösse dieser Linsen fallen diese Vorteile um so mehr ins Gewicht. Folglich sind bevorzugte Anwendungsgebiete die Beleuchtungstechnik, insbesondere im Theater, Studio, insbesondere für den Film auf der Bühne sowie in der Architektur, bei welchen eine hohe Lichtmenge häufig auch eine hohe thermische Belastung mit sich bringt aber Störungen der Abbildungseigenschaften weniger stark ins Gewicht fallen. Aus der Signaltechnik des schienengeführten Verkehrs ist eine Stufenlinse mit einer zentral angeordneten, das Licht vorzugsweise in den unteren Halbraum richtenden parallelen Prismenanordnung bekannt, welche dazu verwendet wird, einen Teil des in die Stufenlinse eintretenden Lichts für die Signalerkennbarkeit im Nahbereich zur Verfügung zu stellen.

In der WO 01/86341 A1 wird ein Signalgeber mit einer Stufenlinse mit Zerstreuelementen kürzerer Brennweite beschrieben, bei welcher die kurzbrennweitigen Zerstreuelemente den Leuchtwinkel des abgestrahlten Lichtes erweitern. Die vollflächig an der Stufenlinse angeordneten Zerstreuelemente gestatten jedoch keine Änderung des Lichtstroms, insbesondere von dessen Öffnungswinkel durch eine Verlagerung der Intensität des die Stufenlinse beleuchtenden Lichtes am Ort der Stufenlinse.

In EP 0 391 287 wird eine Operationsleuchte beschrieben, welche einen hyperbolischen Spiegel und eine lichtaustrittsseitige Linsenanordnung mit mindestens drei Fresnellinsen verschiedener Brennweite umfasst. Durch die unterschiedlichen Brennweiten der Stufenlinsen wird erreicht, dass über einen relativ grossen Tiefenbereich eine homogene Lichtstärke und damit eine homogene Ausleuchtung einer tiefen Operationswunde möglich ist. Vorzugsweise sechseckige Vielecke mit kleinerer Strukturgrösse als die Struktur der verwendeten Stufenlinsen dienen einer weiteren Homogenisierung innerhalb des Leuchtfeldes. Eine Änderung des Öffnungswinkels des austretenden Lichtfeldes oder der Grösse des beleuchteten Felds wird mit dieser Anordnung jedoch nicht bewirkt und soll mit anderen, zusätzlichen Maßnahmen erhalten werden. Hierfür werden jedoch zusätzliche Bauteile erforderlich.

Ein optisches System für Stufenlinsenscheinwerfer ist in der EP 1 242 399 A2 erwähnt, welches von den Erfindern der vorliegenden Anmeldung erfunden wurde, und bei welchem der Öffnungswinkel des austretenden Lichtes durch eine Verstellung des Abstands der Lampe relativ zu dem Reflektor dieses Systems bewirkt wird. Hierbei wird jedoch eine in der Regel sehr heisse Lampe mechanisch relativ zum Reflektor bewegt, welches für deren Verstellung erheblichen mechanischen Aufwand erfordert. Zum einen ist sicherzustellen, dass die in heissem Zustand stärker erschütterungsempfindliche Lampe nicht geschädigt wird zu anderen müssen die Verstellelemente sowohl eine hohe Temperatur- als auch Temperaturwechselbeständigkeit aufweisen.

JP 61 097 602 A betrifft einen Schirm, wie beispielsweise die Mattscheibe einer Spiegelreflexkamera, bei welcher häufig die Randbereiche dunkler als deren Mitte erscheinen, da am Rand schräg einfallende Strahlen des Bildfelds dazu neigen, auch nach Durchtritt durch die Mattscheibe weiter schräg von der Mitte weg auszutreten. Dieses Dokument lehrt zur Verbesserung der Helligkeit des Randbereichs des Bildschirms, jedoch ohne Senkung der Helligkeit des mittleren Bereichs, den zentralen Bereich der zugeordneten Fresnellinse mit streuenden Elementen so auszustatten, dass die gesamte Bildfläche dieses Schirms gleichförmig ausgeleuchtet ist. Eine Änderung des Öffnungswinkels des austretenden Lichtfeldes oder der Grösse des beleuchteten Felds wird mit dieser Anordnung jedoch nicht bewirkt und wäre in einem derartigen System auch nicht sinnvoll.

DE 38 06 879 C1 offenbart eine optische Filterlinse, bei der zwecks Realisierung eines möglichst gleichförmigen Intensitätsprofils zu sensorischen oder zu messtechnischen Zwecken im Lichtfeld einer Fresnellinse, diese Fresnellinse mit radial verlaufenden Strukturen versehen wird, welche verhindern sollen, dass die Intensität in der Mitte des Lichtfelds zunimmt. Hierbei wird das Licht aus den radial verlaufenden Strukturen nicht mehr auf dem Sensor abgebildet. Eine derartige Anordnung ist jedoch für beleuchtungstechnische Anwendungen nachteilig denn es kommt durch die nichtabbildbaren Bereiche zu unerwünschten Lichtverlusten. Ferner ist es für Beleuchtungseinrichtungen, beispielsweise im Studio-, Theater-, Film und Architekturbereich häufig hochoerwünscht, durch einen helleren mittleren Bereich eine gewollte Betonung bestimmter Bereiche des beleuchteten Objekts herbeizuführen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, eine Stufenlinse in deren Verwendbarkeit, insbesondere für lichttechnische Anwendungen weiter zu verbessern und insbesondere durch Verwendung einer solchen Stufenlinse den Aufbau lichttechnischer Einrichtungen zu vereinfachen.

5

Diese Aufgabe wird auf überraschend einfache Weise mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

10

Wird bei der erfindungsgemässen optischen Anordnung für beleuchtungstechnische Zwecke, insbesondere für einen Stufenlinsenscheinwerfer, eine Streuscheibe in einem ersten Bereich und eine Stufenlinse in einem zweiten Bereich angeordnet, kann auf überraschend einfache und extrem flexible Weise mit der Änderung der Form des auf die optische Anordnung auftreffenden Lichts und/oder der Grösse des die optische Anordnung beleuchtenden Lichts der Öffnungswinkel α des aus der optischen Anordnung austretenden Lichts verändert, insbesondere zwischen zwei Grenzwerten, einem kleineren α_{sp} und einem grösseren α_{F1} , eingestellt werden.

15

20

Hierdurch werden, insbesondere bei Verwendung dieser optischen Anordnung in einem Stufenlinsenscheinwerfer, Bauformen mit verminderter Anzahl von mechanischen Bauelementen sowie stark erhöhter Lichtausbeute ermöglicht.

25

Auf einfache Weise wird eine Änderung des Lichtmischverhältnis von geometrisch optisch geführtem durch die Stufenlinse getretenem Licht relativ zu dem durch die Streuscheibe getretenen Licht ermöglicht.

30

Ein grosser Vorteil besteht darin, dass bei Durchföhrung der optischen Anordnung mit einem beleuchtenden Lichtkegel einzig durch Veränderung der Position des Lichtkegels relativ zur optischen Anordnung, eine Änderung des Leuchtwinkels, beispielsweise von 8° bis 60°, von 8° bis 70° oder sogar von 4° bzw. 8° bis 80° bei homogener Änderung der Lichtverteilung erreicht werden.

35

Hierbei ist der Öffnungswinkel, als derjenige Winkel definiert, bei welchem von der optischen Achse des Systems aus gemessen, die Lichtintensität auf den zehnten Teil der Intensität abgefallen ist, relativ zu der Lichtintensität in Richtung der optischen Achse.

40

In überraschend einfacher Weise ist es möglich, hierbei den Öffnungswinkel stetig zu ändern und dabei stets eine homogene

Ausleuchtung innerhalb des beleuchteten Winkelbereichs aufrecht zu erhalten.

Die Kombination aus geometrisch-optischer Abbildung der Stufenlinse mit einer dieser überlagerten Streukeule des an der Streuscheibe gestreuten Lichts gestatten es auch, lichttechnische Beleuchtungslichtverteilungen zu erreichen, bei welchen nicht nur das Lichtquellen- oder Leuchtkörperabbild unterdrückt werden kann sondern es können bei geeigneter Wahl der streuenden Struktur und deren geometrischer Abmessung sogar Fehler von beleuchtenden Strahlengängen stark gemindert oder vermieden werden.

Eine besonders interessante Anwendung ergibt sich bei Reflektoranordnungen mit einer im Verhältnis zu deren Fassung relativ kleinen Lichtquelle, wie beispielsweise einer Hochdruckentladungslampe, welche Emissionsbereiche in der Grössenordnung einiger Millimeter und deutlich grössere Fassungsdurchmesser aufweisen. Bei derartigen Lichtquellen kann es zu einer Abdunkelung des zentralen Lichtfelds dadurch kommen, dass die durch den Reflektor tretende Fassung eine Öffnung innerhalb des Reflektors benötigt, welche deutlich grösser als die Lichtquelle ist und somit Lichtstrahlen nahe der optischen Achse innerhalb diese Öffnung nicht reflektiert werden können. Durch geeignete Wahl der Vorwärtsstreukeule der Licht streuenden Einrichtung, vorzugsweise einer kreisförmigen zentralen Streuscheibe, können in überraschender Weise im Wesentlichen die geometrisch optischen Eigenschaften der Stufenlinse erhalten und kann dennoch ein zentraler Intensitätsabfall vermieden werden.

In vorteilhafter Weise ist dabei die optische Anordnung einstückig ausgebildet, um sowohl die Stufenlinse als auch die Streuscheibe in einem einzigen Prägevorgang fertigungstechnisch günstig zu erzeugen.

Bei der bevorzugtesten Ausführungsform nehmen der erste und der zweite Bereich, welche jeweils der Stufenlinse und der Streuscheibe zukommen, reale Oberflächen der optischen Anordnung ein, vorzugsweise konzentrisch angeordnete Oberflächen mit verschiedenen Durchmessern (2RStl, 2RstrA).

Das Verhältnis der Oberflächengrösse von Stufenlinsenoberfläche zu Streuscheibenoberfläche kann dabei in weiten Bereichen das Verhältnis der jeweils wirksam werdenden Anteile des austretenden, für

beleuchtungstechnische Zwecke nutzbaren Lichts definieren und ist
wahlweise grösser als 2 zu 1 (Stufenlinsenoberfläche zu
Streuscheibenoberfläche), vorzugsweise ist das Verhältnis der
Oberflächengrösse von Stufenlinsenoberfläche zu
5 Streuscheibenoberfläche grösser als 10 zu 1 und am bevorzugtesten ist
das Verhältnis der Oberflächengrösse von Stufenlinseoberfläche zu
Streuscheibenoberfläche grösser als 100 zu 1.

10 Die Oberfläche der Stufenlinse oder der Streuscheibe ist im Sinne
dieser Beschreibung nicht die tatsächliche Oberfläche mit allen
mikroskopischen und makroskopischen Erhebungen und Vertiefungen
sondern ist diejenige Fläche, welche bei Beleuchtung parallel zur
optischen Achse in einer senkrecht zur optischen Achse verlaufenden
und unmittelbar hinter der optischen Anordnung angeordneten Ebene der
15 Fläche des Schattenwurfs der Stufenlinse oder der Streuscheibe
entspricht.

In äusserst vorteilhafter Weise kann der Öffnungswinkel des aus der
Streuscheibe austretenden Lichts in vertikaler Richtung verschieden
20 von dem Öffnungswinkel in horizontaler Richtung sein und es kann
hiermit durch die Streuscheibe wahlweise ein unrund, ellipsoid,
vieleckig und insbesondere rechteckig und/oder quadratisch
ausgeleuchtetes Lichtfeld entstehen.

25 Rechteckförmige und insbesondere auch quadratische Lichtfelder lassen
eine Anreihung mehrerer Lichtfelder zu, wodurch grosse Areale,
beispielsweise im Studio, auf der Bühne oder der
Architekturbeleuchtung, homogen ausgeleuchtet werden können.

30 In Abhängigkeit von der beleuchteten Fläche der Streuscheibe können
auch Übergänge von rund ausgeleuchteten zu unrund, ellipsoid,
vieleckig und insbesondere rechteckig und quadratisch ausgeleuchteten
Lichtfelder entstehen, wenn die Streuscheibe beispielsweise mehrere
Bereiche, insbesondere ringförmige Oberflächenbereiche enthält, welche
35 Licht jeweils in verschiedene Richtungen oder unterschiedlich stark
streuen.

In diesem Fall kann das runde Lichtfeld der Spotstellung bei
Verstellung beispielsweise in ein un rundes, beispielsweise
40 quadratisches Lichtfeld übergehen, wenn der Lichtkegel zwar noch den
gesamten Streuscheibendurchmesser R_{StrA} aber nicht mehr die Stufenlinse
erfasst. Bei weiterer Verstellung und kleiner werdendem Lichtkegel

kann das Lichtfeld nochmals in ein anders geformtes, beispielsweise elliptisches Lichtfeld übergehen, wenn der Lichtkegel nur noch einen inneren Durchmesser R_{StrI} erfasst, dessen Anteile das Licht nur noch in das elliptische Lichtfeld lenken.

5

Auf diese Weise kann die Form des ausgeleuchteten Lichtfelds flexibel verstellt werden.

10 Ferner lässt die Unterteilung der Streuscheibe in Bereiche mit verschiedenem Streuverhalten auch zu, dass die Art des Lichteinfalls steuerbar wird. Es kann das runde Lichtfeld der Spotstellung bei Verstellung beispielsweise zunächst in ein quadratisches Lichtfeld mit weichem Randabfall übergehen, wenn der Lichtkegel zwar noch den gesamten Streuscheibendurchmesser R_{StrA} aber nicht mehr die Stufenlinse

15 erfasst und bei weiterer Verstellung und kleiner werdendem Lichtkegel kann das Lichtfeld in ein Lichtfeld mit hartem Randabfall übergehen, wenn der Lichtkegel nur noch einen inneren Durchmesser R_{StrI} erfasst, dessen Anteile das Licht nur noch in das quadratische Lichtfeld aber sehr viel exakter nur noch in dieses lenken.

20

Vorteilhaft ist für einen Stufenlinsenscheinwerfer mit elliptischem Reflektor mit einer Elliptizität ϵ das Verhältnis von Brennweite zu Radius $n_{St1} = R_{St1}/F_{St1}$ der Stufenlinse grösser als $0,5 \text{ mal } 1/\sqrt{\epsilon^2-1}$, vorzugsweise grösser als $0,7 \text{ mal } 1/\sqrt{\epsilon^2-1}$, am bevorzugtesten

25 grösser als $0,9 \text{ mal } 1/\sqrt{\epsilon^2-1}$.

Bevorzugt ist die Stufenlinse eine asphärische Linse, um Kugelgestaltfehler zu kompensieren und zu einer möglichst guten Abbildungsleistung zu gelangen.

30

Falls die Stufenlinse einen Grundkörper mit einer optisch strahlformend wirksamen, im Wesentlichen konkaven Oberfläche aufweist, kann dergestalt komplexeren optischen Anforderungen Rechnung getragen werden, da hierdurch beispielsweise konkav-konvexe oder bikonkave

35 Linse definiert werden können, bei welchen die Stufenlinse und auch deren Grundkörper geometrisch-optisch wirksam werden.

Ferner kann die Stufenlinse einen Grundkörper mit einer im Wesentlichen konvexen Oberfläche aufweisen, um somit konvex-konkave

40 oder bikonvexe Linsen zu schaffen.

Näherungsweise kann die Form des Grundkörpers eigenständig optisch strahlformend genutzt werden und können die strahlformenden Eigenschaften der Stufenlinse in Kombination oder überlagert genutzt werden.

5

Hierbei wird als Grundkörper der Stufenlinse derjenige Teil verstanden, welcher sich ergäbe, wenn von der Stufenlinse deren Stufen entfernt würden, dies bedeutet das Volumenmaterial, auf welchem die Stufen der Stufenlinse aufgebracht oder in welches diese Stufen

10

eingeprägt sind.

Es ist somit fertigungstechnisch möglich, zunächst die Form der erwünschten Stufenlinse zu berechnen und zusätzliche optische strahlformende Eigenschaften durch die weiter Ausgestaltung des Grundkörpers, vorzugsweise in plankonkaver, plankonvexer, bikonkaver, bikonvexer oder konkav-konvexer Form, zu erlangen.

15

Wenn die im Wesentlichen ringförmigen, optisch wirksamen Oberflächen der Stufen als Kreisbogenoberflächenabschnitte gestaltet sind, können fertigungstechnisch einfach zu realisierende Geometrien genutzt werden, welche dennoch optisch noch relativ gute Eigenschaften aufweisen.

20

Bei einer einfachen, kostengünstigen Ausführungsform sind die im Wesentlichen ringförmigen, optisch wirksamen Oberflächen der Stufen kegelmantelförmig ausgebildet.

25

Das Optimum optischer Abbildungsleistung wird jedoch im Wesentlichen bei einer sammelnden Stufenlinse, somit einer Linse mit positiver Brennweite und reellem Brennpunkt, erreicht, wenn die im Wesentlichen ringförmigen, optisch wirksamen Oberflächen der jeweiligen Stufen so geformt sind, dass eine in etwa ebene Welle mit zur optischen Achse senkrechten Phasenfronten die Linse dann verlässt, wenn in diese Licht eintritt, welches aus einem einzigen reellen Brennpunkt stammt. Im Fall einer streuenden Linse, somit einer Linse mit negativer Brennweite und virtuellem Brennpunkt, wird das Optimum dann erreicht, wenn das Licht einer ebenen Welle, welches in die Stufenlinse eintritt in eine Kugelwelle umgeformt wird, deren Mittelpunkt aus einem einzigen virtuellen Brennpunkt zu stammen scheint.

30

35

40

Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist die Streuscheibe nur in einem mittleren Bereich der Stufenlinse und vorzugsweise auf

der Seite der Stufen angeordnet, da diese Ausführungsform bereits mit einem einzigen Heissformungsschritt mit hoher Präzision herstellbar ist.

- 5 Sehr vorteilhaft ist es, wenn die Streuscheibe in einem mittigen Bereich der Stufenlinse abgegrenzt angeordnet ist, denn dann kann hierdurch eine überraschend variable Intensitätsverteilung bei lichttechnischen Beleuchtungseinrichtungen erzeugt werden. So kann beispielsweise durch Verwendung von Blenden oder durch eine geänderte
- 10 Fokussierung des eintretenden Lichtfelds dessen Durchmesser variiert und ein variabel einstellbarer Übergang von gestreutem zu geometrisch-optisch abgebildetem Licht geschaffen werden. Solange nur Licht die innere Streuscheibe trifft, definieren deren Eigenschaften die Form des austretenden und beleuchtenden Lichtfelds. Wenn bei Vergrößerung
- 15 des Durchmessers des Lichtfelds zunehmend geometrisch-optische Abbildungseigenschaften hinzutreten, kann beispielsweise eine sehr gleichmässige Vergrößerung des beleuchtenden Lichtkegels erreicht werden.
- 20 Ein noch stetigerer und weicherer Übergang der zu ändernden Lichtverteilung kann erreicht werden, wenn das das Licht streuenden Element verschieden stark streuende Bereiche, vorzugsweise einen mittig stärker streuenden und einen randseitig weniger stark streuenden Bereich aufweist.
- 25 Bevorzugt wird die Streuscheibe je nach deren Material an deren Streuverhalten angepasst durch Heissformgebung, insbesondere, Prägen, und/oder Spritzgiessen hergestellt.
- 30 Bevorzugte Materialien für die Stufenlinse und/oder die Streuscheibe sind Glas und glaskeramische Materialien. Besonders vorteilhaft ist bei Glaskeramiken die hohe Temperaturwechselbeständigkeit.
- 35 Ferner kann die optische Anordnung mit Stufenlinse und Streuscheibe aus mehreren Elementen zusammengesetzt, um beispielsweise verschiedene Fertigungsverfahren und deren Vorteile zu nutzen.
- So kann eine, insbesondere geprägte Kunststoff-Stufenlinse mit einer aus Glas bestehenden Streuscheibe verbunden werden, wodurch sich ein
- 40 hybrider Verbund aus Glas und Kunststoff ergibt.

Wenn die Stufenlinse ein Material umfasst mit einem ersten

Dispersionsverhalten und eine weitere Linse mit entgegengesetzter Brechkraft, vorzugsweise eine Stufenlinse, mit einem Material mit einem zweiten Dispersionsverhalten, können sogar chromatisch korrigierte oder achromatische Linsensysteme geschaffen werden.

5

Als optische Weglänge wird im Sinne dieser Beschreibung die Wellenlänge eines zentralen Bereichs des jeweils verwendeten Lichtspektrums angesehen.

10

Wenn die Stufenlinse eine geprägte Kunststofflinse ist, kann es sehr vorteilhaft sein, wenn diese einen optischen Weglängenunterschied an der jeweiligen Stufe von weniger als etwa 1000 optischen Wellenlängen aufweist, da dann in der Regel eine relativ flache Stufenlinse verwirklicht werden kann, durch welche nur geringe Störungen der geometrisch-optischen Lichtausbreitung hervorgerufen werden.

15

Ferner kann es bei lokal hohen Lichtintensitäten konstruktionsabhängig sehr sinnvoll sein, nicht wie herkömmlich Gelatinefilter zu verwenden, welche im Bereich starker Lichtintensität, wie beispielsweise in der Nähe von reellen Brennpunkten zügig ausbleichen oder sogar schmelzen und entflammen können sondern beschichtete oder gefärbte Gläser zu verwenden.

20

Wird somit die Stufenlinse und/oder die Streuscheibe als Filter, insbesondere als UV-, IR- oder farbiges Bandfilter und/oder Konversionsfilter ausgebildet, kann eine sehr viel zuverlässigere und exaktere Filterung des Lichts bereitgestellt werden. Ferner liegt es im Rahmen dieser Ausgestaltung, Sätze von optischen Anordnungen herzustellen, welche, vorzugsweise mit dichroitischen bzw. Interferenz-Filterschichten auf definierte Lichttemperaturen für definierte Lichtquellen abgestimmt sind.

25

30

So kann beispielsweise eine definierte Farbverschiebung in Richtung niedrigerer Farbtemperaturwerte einer Hochdruckentladungslampe das Spektrum eines Schwarzkörperstrahlers, wie beispielsweise eine Glühlampe verleihen.

35

Ferner können spektral dominierende Banden angeregter Entladungslinien definiert gemildert werden und somit eine homogenere spektrale Verteilung erreicht werden.

40

Zusätzlich können mit derartigen Filteranordnungen für vorgegebene

Spektren von Lichtquellen auch Lichtstimmungen in deren spektraler Verteilung simuliert werden, wie beispielsweise Morgenlicht, Abendlicht, Gewitter- oder Unwetterlicht, so dass mit einer einzigen Lichtquelle und einem zugeordneten Satz erfindungsgemässer optischer Anordnungen den meisten Anforderungen im Studio-, Theater-, Film und Architekturbereich genügt werden kann.

Da dichroitische oder Interferenzfilter hohen Strahlungsintensitäten mit grosser spektraler Präzision dauerhaft standhalten, können diese je nach Anwendung nicht nur spektral besser sondern durch deren lange Lebensdauer sogar auch preisgünstiger als herkömmliche Farbfilterfolien sein. Ferner sind raue Umgebungsbedingungen, wie beispielsweise bei der Architekturbeleuchtung oder bei Aussenaufnahmen ein weiterer Grund für den Einsatz derartiger optische Anordnungen.

Besonders vorteilhaft ist es bei Verwendung von Kunststofflinsen und/oder -streuscheiben, wenn diese mit einer mechanischen Kratzschuttschicht beschichtet sind.

Ferner können unerwünschte Reflexionen, insbesondere an den Stufenflächen, nicht nur dazu führen, dass Licht aus dem Hauptlichtstrom verloren geht, sondern es können sich sogar in der Beleuchtungsebene hellere Kreise oder Punkte ausbilden, welche durch eine Antireflexschicht auf diesen Stufenflächen stark gemindert oder sogar unterdrückt werden können.

Mit der erfindungsgemässen optischen Anordnung für beleuchtungstechnische Zwecke, insbesondere für einen Stufenlinsenscheinwerfer, mit Stufenlinse und Licht streuendem Element kann sehr vorteilhaft ein Stufenlinsenscheinwerfer geschaffen werden, der einen variablen Öffnungswinkel des austretendem Lichts und in jeder Einstellung des Öffnungswinkels bei hohem Wirkungsgrad ein homogen ausgeleuchtetes Lichtfeld bereitstellt.

Diese Aufgabe wird auf überraschend einfache Weise mit einem Stufenlinsenscheinwerfer gemäss Anspruch 51 gelöst.

Die Erfinder haben herausgefunden, dass die herkömmlichen hohen Lichtverluste von Stufenlinsenscheinwerfern auf überraschend einfache Weise mit einer Streuscheibe vermieden werden können. Besonders vorteilhaft ist es hierbei, wenn die Stufenlinse eine Streuscheibe

aufweist, welche in besonders bevorzugter Weise kreisförmig ausgebildet und nur noch im Zentrum der Stufenlinse angeordnet ist.

5 Bei dieser Ausführungsform können in jeder Stellung des Stufenlinsenscheinwerfers die dunklen Bereiche in der Mitte des Beleuchtungsfelds sehr wirksam vermieden werden, aber es kommt dennoch nicht mehr zu den hohen Lichtverlusten in der Spotstellung des Reflektors.

10 In überraschender Weise zeigt es sich, dass der geometrisch-optische Strahlengang des aus dem Reflektor austretenden Lichts am Ort der Stufenlinse genau dann einen kleineren Bereich ausleuchtet, wenn der benötigte Anteil an gestreutem Licht erhöht ist.

15 Diese Wirkung haben sich die Erfinder zu nutze gemacht, um mit der Erfindung ein automatisches oder adaptives Lichtmischsystem zu schaffen, welches synchron zu der Verstellung des Stufenlinsenscheinwerfers nur denjenigen Streulichtanteil zum geometrisch-optisch abgebildeten Licht hinzu mischt, welcher für diese
20 Stellung benötigt wird.

Dieses Lichtmischverhältnis, welches nahezu optimal an die jeweils erforderlichen Lichtverteilungen adaptiert werden kann, wird nachfolgend abgekürzt nur noch als Mischverhältnis bezeichnet.

25 Durch dieses automatische Lichtmischsystem wird im Wesentlichen für jede Stellung des Reflektors das richtige Mischverhältnis und somit stets ein sehr homogen ausgeleuchtetes Lichtfeld geschaffen ohne dass hierbei jedoch unnötige Streuverluste auftreten.

30 Hierbei kann durch die Wahl des Durchmessers der Streuscheibe im Verhältnis zur verbleibenden Fläche der Stufenlinse das Mischverhältnis der vollflächig ausgeleuchteten Stufenlinse definiert werden und kann durch die Streueigenschaften der Stufenlinse der
35 Öffnungswinkel des gestreuten Lichts in weiten Bereichen frei definiert werden.

Ferner kann auf der integrierten Streuscheibe selbst die streuende Wirkung variieren, so dass beispielsweise in der Mitte der
40 Streuscheibe stärker streuende Bereiche und an deren Rand weniger stark streuende Bereiche angeordnet sind. Hierdurch wird ein stärker

fokussiertes Strahlenbündel zusätzlich noch aufgeweitet und es lassen sich dann extrem breite Ausleuchtungswinkel realisieren.

5 Alternativ kann auch der Rand der Streuscheibe nicht nur abrupt endend ausgestaltet sein sondern es kann dieser in dessen streuender Wirkung stetig abnehmend gestaltet sein und sich noch unter oder über der Stufenlinse erstrecken Hierdurch lassen sich weitere Anpassungen an die stellungsabhängigen Mischverhältnisse vornehmen.

10 Gleichzeitig wird die Gleichmässigkeit der Beleuchtungsstärke im gesamten Lichtfeld erhalten, wie dieses beispielhaft in Figur 12 sowohl für die Spot- als auch für eine Floodstellung dargestellt ist.

15 Erfindungsgemäss ist ein ellipsoider Reflektor mit grosser Apertur vorgesehen. Die Spotstellung wird dadurch eingestellt, dass sich die Lampenwendel eines Schwarzkörperstrahlers, insbesondere einer Halogenlampe oder der Entladungsbogen einer Entladungslampe im reflektorseitigen Brennpunkt des Ellipsoids befindet und der reflektorferne zweite Brennpunkt des Ellipsoids in etwa im reellen
20 reflektornahen Brennpunkt der Stufenlinse angeordnet ist.

Das von dem Reflektor reflektierte Licht wird vor Eintritt in die Stufenlinse nahezu vollständig auf den reflektorfernen Brennpunkt des Ellipsoids fokussiert. Die sich im reflektorseitigen Brennpunkt der
25 Stufenlinse befindliche Lampenwendel oder der Entladungsbogen wird nach dem Hindurchtreten durch die Stufenlinse in das Unendliche abgebildet und wird somit deren Licht in ein nahezu paralleles Strahlenbündel überführt.

30 Bei zweckmässiger Wahl des Aperturwinkels von Reflektor und Stufenlinse wird das von dem Reflektor reflektierte Licht nahezu vollständig von der Stufenlinse erfasst und als enges Spot-Lichtbündel nach vorne abgestrahlt.

35 Der Öffnungswinkel des aus der Stufenlinse austretenden Lichtbündels kann bei einer weiteren, jedoch mechanisch weit aufwendigeren Ausführungsform nahezu beliebig vergrössert werden, indem die Lampenposition in Bezug zum Reflektor einerseits und der Abstand der Stufenlinse zum Reflektor andererseits in geeigneter Weise verändert
40 wird.

Damit die guten Eigenschaften herkömmlicher Stufenlinsenscheinwerfer in Bezug auf die Gleichmässigkeit der Beleuchtungsstärke erhalten bleiben, sollten diese Abstandsveränderungen durch eine zweckmässig gewählte Zwangskoppelung erfolgen.

5

Generell können sowohl der Reflektor, die Stufenlinse und/oder die Streuscheibe zumindest einseitig beschichtet sein, beispielsweise im Falle von Kunststoff mit einer Antikratz und/oder Antireflexschicht beschichtet sein.

10

Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung umfasst einen Stufenlinsenscheinwerfer, bei welchem die lichtreflektierende Oberfläche des Reflektors, vorzugsweise Teilflächen oder Facetten aufweisend, lichtstreuend strukturiert ist und keine, eine oder zwei Oberflächen der Stufenlinse lichtstreuend strukturiert sind. Hierdurch kommt es zu einem festgelegten Anteil der Überlagerung gestreuten Lichts zu geometrisch-optisch abgebildetem Licht, welcher dunkle Ringe im Lichtfeld mindern kann.

15

20

Erfindungsgemäss ist die Verwendung des Scheinwerfers vorteilhaft für Architektur, Medizin, Film, Bühne, Studio und Fotografie sowie in einer Taschenlampe vorgesehen.

25

Die Erfindung wird nachfolgend anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele und unter Bezugnahme auf die beigelegten Zeichnungen detaillierter erläutert.

Es zeigen:

30

Fig. 1 eine erste Ausführungsform der optischen Anordnung einer Stufenlinse mit einer in etwa mittig angeordneten, im Wesentlichen kreisförmigen Streuscheibe, welche einzelne, zueinander leicht verdrehte Facetten aufweist,

35

Fig. 2 eine zweite Ausführungsform der optischen Anordnung einer Stufenlinse mit einer in etwa mittig angeordneten, im Wesentlichen kreisförmigen Streuscheibe, welche Facetten aufweist, die durch ein Monte-Carlo-Verfahren aus deren regelmässiger Lage versetzt wurden,

40

Fig. 3 eine dritte Ausführungsform einer Stufenlinse mit einer in etwa mittig angeordneten, im Wesentlichen

- kreisförmigen Streuscheibe, bei welcher die einzelnen Facetten der Streuscheibe auf einer archimedischen Spirale liegen,
- Fig. 4 einen Querschnitt durch eine Plankonvexlinse
5 mit zentraler Streuscheibe, deren Grundkörper im Wesentlichen Plan und deren Stufenlinse konvex ausgebildet ist,
- Fig. 5 einen Querschnitt durch eine bikonkave
10 Stufenlinsenordnung, welche geometrisch-optische strahlerweiternde oder lichtstreuende Eigenschaften hat und bei welcher sowohl der Grundkörper als auch deren geometrisch-optisch wirksames Stufenlinsensystem im Wesentlichen konkav ausgestaltet ist,
- Fig. 6 eine Ausschnittsvergrößerung eines oberen
15 Abschnitts der Querschnittsdarstellung von Fig. 4,
- Fig. 7 eine Querschnittsdarstellung einer konvexkonkaven Stufenlinsenordnung, deren Grundkörper konkav und deren geometrisch-optisch wirksames Stufenlinsensystem im Wesentlichen konvex ausgestaltet ist,
- 20 Fig. 8 eine Querschnittsdarstellung einer Hybridlinsenordnung aus einer geprägten plankonvexen Kunststoff- Stufenlinsenordnung, welche an einer aus Glas bestehenden Streuscheibe angebracht ist,
- Fig. 9 eine Querschnittsdarstellung eines Hybridlinsen-
25 Achromaten, bei welchem eine aus Glas bestehende Plankonvexlinse mit einer aus Kunststoff oder einem Glas mit anderer Dispersion bestehenden Bikonkav-Stufenlinse verbunden
- Fig. 10 eine Ausführungsform eines Stufenlinsen-
30 scheinwerfers mit einer Stufenlinse mit positiver Brechkraft in Spotstellung, wobei der reflektorferne Brennpunkt des Reflektors in etwa mit dem linksseitigen, reellen Brennpunkt der Stufenlinse überlagert ist,
- Fig. 11 die in Fig. 10 gezeigte Ausführungsform des
35 Stufenlinsenscheinwerfers in einer ersten Floodstellung, wobei der reflektorferne Brennpunkt des Reflektors nahe einer Oberfläche der Stufenlinse angeordnet ist,
- Fig. 12 eine Öffnungswinkelabhängige logarithmische
40 Darstellung der Lichtstärke des Stufenlinsen-scheinwerfers in dessen Spot- und in einer von dessen Floodstellungen
- Fig. 13 eine Ausführungsform eines Stufenlinsenscheinwerfers mit einer Stufenlinse mit negativer Brechkraft in

Spotstellung, wobei der reflektorferne Brennpunkt des Reflektors in etwa mit dem rechtsseitigen virtuellen Brennpunkt der Stufenlinse überlagert ist, die in Fig. 13 gezeigte Ausführungsform des Stufenlinsenscheinwerfers in einer ersten Floodstellung, wobei der reflektorferne Brennpunkt des Reflektors in etwa in einer reflektornahen Oberfläche der Stufenlinse angeordnet ist,

Fig. 14

Fig. 15 eine Öffnungswinkelabhängige logarithmische Darstellung der Lichtstärke des Stufenlinsenscheinwerfers in dessen Spot- und in einer von dessen Floodstellungen.

Detaillierte Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen

Der Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf bevorzugte Ausführungsformen detaillierter beschrieben.

Bei dieser Beschreibung wird generell angenommen, dass sich in die Linse eintretendes Licht in den Zeichnungen von der linken Seite kommend zur rechten Seite hin ausbreitet.

Ferner werden bei der Beschreibung der verschiedenen Ausführungsformen gleiche Bezugszeichen für gleiche oder im Wesentlichen gleich wirkende Bestandteile der optischen Anordnung 1 verwendet.

Der Inhalt der prioritätsbegründenden Voranmeldungen, DE 103 61 122 sowie DE 103 61 117, jeweils mit dem Titel "Stufenlinsenscheinwerfer mit gekoppelter Abstandsveränderung lichttechnische Elemente" wird durch Bezugnahme in vollem Umfang auch zum Inhalt der vorliegenden Anmeldung gemacht.

Nachfolgend wird auf Fig. 1 Bezug genommen, welche eine erste Ausführungsform der optischen Anordnung einer Stufenlinse mit einer in etwa mittig angeordneten, im Wesentlichen kreisförmigen Streuscheibe, welche einzelne, zueinander leicht verdrehte Facetten aufweist, zeigt

Die im ganzen mit 1 bezeichnete optische Anordnung umfasst eine Stufenlinse 2, sowie eine in deren mittlerem Bereich angeordnete Streuscheibe 3.

Die Stufenlinse 2 weist konzentrisch angeordnete, ringförmige Stufen mit optische wirksamen Oberflächenbereichen auf, die in Fig. 1

lediglich beispielhaft mit dem Bezugszeichen 4, 5 und 6 versehen sind.

Die in Fig. 1 sowie die in den Figuren 2 und 3 dargestellte
Streuscheibe 3 sind beispielhaft Streuscheiben, wie diese in der
5 deutschen Patentanmeldung DE 103 43 630.8 der selben Anmelderin vom
19. September 2003 mit dem Titel "Streuscheibe" beschrieben wird,
deren Inhalt durch Bezugnahme voll umfänglich auch zum Inhalt der
vorliegenden Anmeldung gemacht wird.

10 Bei dieser besonders bevorzugten Ausführungsform wird in einem
einzigsten Heissformunggebungsschritt, im Wesentlichen bei einer aus
Kunststoff bestehenden Ausführungsform, aus einem im Wesentlichen
planen Grundkörper 7 die optischen Anordnung 1 erzeugt.

15 Nachfolgend werden zunächst nur die Gemeinsamkeiten der in den Fig. 1,
2 und 3 dargestellten optischen Anordnungen 1 beschrieben und werden
danach im Detail deren jeweiligen Unterschiede erläutert.

Die kreisförmige Streuscheibe 3 ist auf der Lichtaustrittsseite des
20 Grundkörpers 7 angeordnet und erstreckt sich vollflächig innerhalb des
ersten ringförmigen Abschnitts 8, welcher sich klar abgegrenzt,
vorzugsweise nahtlos an diese anschliesst.

Der Grundkörper 7 ist bei einer Linse mit reellem, rechtsseitigen,
25 somit positivem Brennpunkt vorzugsweise im Bereich der Streuscheibe 3
sowie im Bereich der ringförmigen Oberflächen 4, 5, 6 und 8 konvex
oder nach aussen gewölbt geformt, wie dies beispielsweise schematisch
in den Querschnittsdarstellungen in Fig. 4 und Fig. 6 gezeigt ist.

30 Der Grundkörper 7 ist bei einer Linse mit virtuellem oder negativem,
linksseitigen Brennpunkt vorzugsweise im Bereich der Streuscheibe 3
sowie im Bereich der ringförmigen Oberflächen 4, 5, 6 und 8 konkav
oder nach innen gewölbt geformt, wie dies beispielsweise schematisch
in einer Querschnittsdarstellung in Fig. 5 gezeigt ist.

35 Der Grundkörper 7 kann jedoch, insbesondere bei Verwendung einer
Hybridlinse, welche im Querschnitt in den Fig. 8 und 9 gezeigt ist,
auch zwei- oder mehrstückig ausgebildet sein und umfasst dann sowohl
den die Stufenlinse 2 aufweisenden Grundkörperabschnitt 7 auch einen
40 weiteren Grundkörperabschnitt 9, welcher wie in Fig. 8 dargestellt
eben beziehungsweise plan oder wie in Fig. 9 dargestellt
beispielsweise plankonvex ausgebildet sein kann.

Vorzugsweise ist der Grundkörperabschnitt 9 bei Hybridlinsen aus Glas eines ersten Materials gefertigt und ist der Grundkörperabschnitt 7 aus Glas eines zweiten Materials mit einer anderen Dispersion als derjenigen des Grundkörperabschnitts 9 oder ist aus einem heissformbaren Kunststoff hergestellt.

Nachfolgend wird auf Fig. 4 bezug genommen, welche eine plankonvexe Stufenlinse mit zentraler Streuscheibe 3 zeigt sowie auf Fig. 6, welche ein Detail von Fig. 4 vergrößerter Darstellung wiedergibt.

Bei der in Fig. 4 sowie Fig. 5 dargestellten einstückigen Stufenlinse 2 kann die jeweilige optisch wirksame Oberfläche 11, 12, 13 teil einer asphärischen oder auch einer sphärischen Linse sein und kann die optische Anordnung 1 einen Randbereich 10 aufweisen, welcher zur Halterung in einer zugeordneten mechanischen Aufnahme planparallel ausgebildet sein kann.

Als Teil einer asphärischen Linse werden die ringförmigen, optisch wirksamen Oberflächen dieser Stufen (beispielsweise 4, 5, 6, 11, 12, 13) so geformt, dass eine in etwa ebene Welle mit zur optischen Achse senkrechten Phasenfronten in einem reellem Brennpunkt vereinigt wird.

Hierbei soll sich die optische Achse durch die Mitte der optischen Anordnung im Wesentlichen senkrecht zu deren Hauptebenen erstrecken.

Im Falle der in Fig. 5 dargestellten bikonkaven Stufenlinse werden die jeweiligen ringförmigen, optisch wirksamen Oberflächen so geformt, dass aus einer von links eintretenden ebenen Welle die Phasenfronten einer Kugelwelle erzeugt werden, deren virtueller Brennpunkt oder deren scheinbarer Ursprung auf der optischen Achse links von der in Fig. 5 dargestellten Stufenlinse 2 zu liegen scheint.

Wobei diese geometrisch-optischen Bedingungen exakt nur für eine Wellenlänge in einem mittleren Wellenlängenbereich des verwendeten Lichtspektrums gelten.

Zur Vereinfachung der Herstellung kann an Stelle komplexer asphärischer ringförmiger Geometrien auch eine asphärische Linse durch sphärische Ringabschnitte angenähert werden.

Hierbei werden möglichst gut angenäherte sphärische Abschnitte, somit

Kreisbogenoberflächenabschnitte verwendet, für die jeweiligen Oberflächen der Ringe um zu einer einfacheren Fertigung der nötigen Prägewerkzeuge zu gelangen.

5 Ein nochmalige Vereinfachung besteht darin, beispielsweise für Stufenlinsen mit einer sehr hohen Anzahl von Stufen und nur kleinen jeweiligen optischen Weglängenunterschieden zwischen Randpunkten benachbarter Stufen, kegelmantelförmige optische Oberflächen zu nutzen, welche dann nur noch in deren Neigung an die mittlere Neigung
10 der Asphäre angepasst werden..

Dabei können die einzelnen ringförmigen Abschnitte und der zentrale kreisförmige Abschnitt der Stufenlinse je nach dem, oblichtsammelnde oder lichtstreuende Eigenschaften erwünscht sind entweder konkav oder
15 konvex gestaltet sein.

Zur Verdeutlichung der äusserst variablen Einsetzbarkeit der erfindungsgemässen Konzepte ist in Fig. 5 eine bikonkave Stufenlinse, ist in Fig. 7 eine konvexkonkave Linse und sind in Fig. 8 und Fig. 9
20 Hybridlinsen gezeigt, von welchen die in Fig. 9 dargestellte Linse chromatisch korrigierte Eigenschaften aufweist.

Nachfolgend wird auf die in Fig. 9 dargestellte Hybridlinse bezug genommen, bei welcher eine plankonvexe Glaslinse 14 mit einem reellen Brennpunkt auf der rechten Seite der Linse 14 mit einer konkavkonvexen streuenden Stufenlinse 15 verbunden ist.
25

Die jeweiligen Brechkräfte oder Brennweiten sowie die Brechungsindizes der beiden Linsen 14 und 15 sind insgesamt so gewählt, dass sich noch
30 eine sammelnde Wirkung ergibt. Dies bedeutet es ergibt sich insgesamt eine Sammellinse mit einem nach rechts verschobenen Brennpunkt.

Hierbei ist das Material der Stufenlinse 15 jedoch so gewählt, dass die Wirkung von dessen Dispersion in der gesamten Anordnung der
35 Wirkung der Dispersion der plankonvex Linse 14 entgegen verläuft, so dass sich insgesamt geringere chromatische Aberrationen für dieses Linsensystem ergeben.

In alternativer Ausgestaltung kann die Stufenlinse 15 auch aus einem
40 geprägtem Kunststoff bestehen, welcher auf die Linse 14 auflaminiert wird. Diese Kunststofflinse 15 kann mit einer Kratzschuttschicht 21 versehen sein.

Werden geprägte Glaslinsen verwendet, beträgt der optische Weglängenunterschied im Bereich der jeweiligen Stufe vorzugsweise mehr als 100 optische Wellenlängen.

5

Bei Verwendung von geprägten Kunststoff-Stufenlinsen wird vorzugsweise ein optischer Weglängenunterschied an der jeweiligen Stufe von weniger als etwa 1000 optischen Wellenlängen bevorzugt.

10

Ferner können die um den zentralen kreisförmigen Abschnitt der Stufenlinse angeordneten ringförmigen Abschnitte im Wesentlichen die gleiche radiale Erstreckung 16, dies bedeutet die gleiche Stufenbreite 16 aufweisen, siehe insbesondere Fig. 6. Hierbei kommt es folglich zu unterschiedlich hohen Stufen, da sich typischerweise die

15

Neigungswinkel der jeweiligen ringförmigen, optisch aktiven Oberflächenabschnitte mit zunehmendem Abstand zur Mitte verändern.

20

Alternativ kann, um fertigungstechnisch hohe Präzision bei schwierig zu formenden Materialien zu erreichen, die Höhe 17 der optisch wirksamen Oberflächenabschnitte konstant gehalten werden, so dass sich hierdurch Ringe mit verschieden grosser Breite ergeben, siehe insbesondere Fig. 6.

25

Ferner kann die Stufenlinse 2 und/oder die Streuscheibe 3 als Filter ausgebildet werden, insbesondere als UV- IR- oder farbiges Bandfilter und/oder als Konversionsfilter ausgebildet sein.

30

Besonders vorteilhaft ist es, wenn hierzu eine Seite, wie Beispiel in Fig. 9 beispielhaft auf der linken Seite der Plankovexlinse 14 dargestellt eine Interferenzfilterschicht 20 aufgebracht ist.

35

Dieses Interferenzfilterschichtsystem kann alternativ auch zur Verschiebung der Farbtemperatur oder zur Kompensation von spektralen Linien verwendet werden.

40

Besonders vorteilhaft ist es ferner, wenn zumindest die jeweils einer Lichtquelle zugewandte Oberfläche der optischen Anordnung 1 aus Glas besteht und vorgespannt, vorzugsweise thermisch vorgespannt ist, da hierdurch eine deutlich erhöhte thermische Beständigkeit erreicht wird.

Es kann die Streuscheibe 3 generell sowohl auf der linken, somit der

Lichteintrittsseite als auch auf der rechten, somit der Lichtaustrittsseite der optischen Anordnung 1 angeordnet sein.

5 Ferner ist es möglich, wie in Fig. 7 lediglich schematisch dargestellt, sowohl auf der Lichteintritts- als auch auf Lichtaustrittsseite jeweils eine Streuscheibe 3 anzuordnen, so dass sich deren streuende Wirkung definiert überlagert.

10 Ferner kann die Streuscheibe 3 statt einer scharfen radialen Berandung auch verschieden stark streuende Bereiche aufweisen, beispielsweise einen mittig stärker streuenden Bereich und einen, vorzugsweise stetig auslaufenden randseitig weniger stark streuenden Bereich aufweisen.

15 Hierzu kann die Streuscheibe beispielsweise eine definierte Körnung aufweisen, welche in einem mittleren Bereich 22 eine feinere Körnungsstruktur und mit zunehmender radialer Entfernung in einem randseitigen Bereich 23 eine grobere Körnungsstruktur umfasst, siehe diesen Sachverhalt schematisch dargestellt auch Fig. 8.

20 Bei den nachfolgend beschriebenen Ausführungsformen von alternativ zu einfachen Körnungen oder mattierten Bereichen verwendbaren Streuscheiben 3 besteht der neue Ansatz unter anderem darin, von der regelmässigen Anordnung von Facetten einer regelmässigen Streuscheibe abzuweichen.

25 Dies geschieht bei einer ersten, in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform dadurch, dass eine Streuscheibe 3 bereitgestellt wird, die einen transparenten Grundkörper 7, 9 aufweist, wobei die optisch wirksame Oberfläche der Streuscheibe 3 in Facetten 24, 25, 26, welche
30 nur beispielhaft mit Bezugszeichen versehen sind, unterteilt ist, und wobei jeder Facette 24, 25, 26 eine Erhebung oder Vertiefung mit einer zweiten, gewölbt ausgebildeten Oberfläche zugeordnet ist und die Facetten 24, 25, 26 relativ zu einander verdreht angeordnet sind oder unterschiedliche geometrische Formen annehmen.

35 Unter einer Facette soll hierbei eine Fläche verstanden werden, die von der Randkontur der jeweiligen geometrischen Form aufgespannt wird. Je nach Ausbildung der ersten Oberfläche, d.h. der Oberfläche des Grundkörpers 7 der Streuscheibe 3, als ebene oder gewölbte Fläche kann
40 die Facette 24, 25, 26, welche durch die geometrischen Formen aufgespannt wird, ebenfalls eben oder gewölbt sein.

Die der Facette 24, 25, 26 zugeordneten Erhebung oder Vertiefung stellt ein Element der Streuscheibe 3 dar. Die Erhebung oder Vertiefung besitzt die Facette 24, 25, 26 als Grundfläche und befindet sich zumindest im Wesentlichen oberhalb oder unterhalb dieser Grundfläche. Die Erhebung oder Vertiefung kann im Beleuchtungsfall als Linse wirken.

Durch diese Lösung kommt es zu einer Superposition einer Vielzahl unterschiedlich konturierter Lichtfelder und damit wunschgemäss zu einem runden Lichtfeld.

Abhängig von der jeweiligen Facettenkonfiguration und der Beschaffenheit der den Facetten zugeordneten Erhebungen oder Vertiefungen lässt sich ein Lichtfeld mit einem wählbaren Gradienten der Beleuchtungsstärke bereitstellen, bzw. ein solches das vorgebar weich oder hart ausläuft.

Ein weich auslaufendes Lichtfeld ist ein solches mit einem geringen Gradienten der Beleuchtungsstärke zum Rand des Lichtfeldes hin. Umgekehrt führt ein starker Gradient der Beleuchtungsstärke am Rand des Lichtfeldes zu einem hart auslaufenden Lichtfeld. Ein weiterer erzielter Vorteil besteht darin, dass mit dieser Facettenkonfiguration randseitige Verfärbungen beim Einsatz von Entladungslampen vermieden werden können.

Um die Unterschiedlichkeit der einzelnen zur Superposition beitragenden Lichtfelder zu erhöhen und darüber die oben genannten Vorteile zu erzielen, können verschiedene Massnahmen ergriffen werden.

So kann vorgesehen sein, dass die Facetten eine polygonale Randkontur aufweisen. Hierbei ist die Eckenzahl der Polygone variabel.

Die Facetten mit polygonaler Randkontur sollten die Oberfläche vollständig bedecken, da ansonsten lokal keine Streuwirkung gegeben ist.

Weiterhin können auch Streuscheiben bereitgestellt werden, bei denen die Facetten 24, 25, 26 unterschiedliche Flächeninhalte aufweisen, wie dies beispielhaft in Fig. 2 dargestellt ist.

Als Polygone können Drei-, Vier-, Fünf-, Sechs- und/oder Sieben-Ecke gewählt werden. Die Verbindungsstrecken zwischen benachbarten Ecken

der Polygone können gerade oder gebogene Linien sein.

Als weitere Folge der Unregelmässigkeit der Facetten ergibt sich, dass diese unterschiedliche Orientierungen aufweisen.

5

Eine weitere Massnahme, mit der man sich dem Ziel runder Lichtfelder, und hinsichtlich der Beleuchtungsstärke zum Rand hin weich oder hart auslaufender Lichtfelder nähert, ist die Wahl und ggf. Variation der jeweiligen Wölbung der Erhebungen oder Vertiefungen. Die Wölbung kann sphärisch sein, und die Erhebung bzw. Vertiefung entsprechend kalottenförmig ausgebildet sein. Alternativ kann die Wölbung asphärisch gewählt werden. Weiterhin besteht zur Gewährleistung des o.g. Ziels die Möglichkeit, die Tiefe der Ausnehmungen bzw. die Höhe der Erhebungen zu variieren.

15

Aus den vorstehenden Ausführungen ergibt sich, dass die aufgeführten Massnahmen alternativ oder kumulativ vorgesehen werden können. Zur praktischen Umsetzung der vorstehend genannten Lösung ist in einer ersten Lösungsvariante eine Streuscheibe vorgesehen, die einen transparenten Grundkörper mit einer ersten Oberfläche aufweist, wobei die erste Oberfläche in Facetten unterteilt ist, und bei der jeder Facette eine Erhebung oder Vertiefung mit einer zweiten, gewölbt ausgebildeten Oberfläche zugeordnet ist, und bei dem die Scheitelpunkte S der Erhebungen oder Vertiefungen entlang einer Spirale angeordnet sind.

20

Der Scheitelpunkt S der Erhebung oder Vertiefung sei definiert als Schnittpunkt der durch den Facettenschwerpunkt hindurchtretenden Oberflächennormale der Facette mit der gewölbten Oberfläche der Erhebung oder Vertiefung.

25

Sind bei zwei benachbarten Facetten die Erhebung der Radius und/oder die Tiefe der Erhebung oder Vertiefung unterschiedlich, so ist im allgemeinen der gemeinsame Rand gekrümmt, und es ergeben sich für die Vertiefungen Ränder die in einer Aufsicht unterschiedliche geometrische Formen annehmen.

30

Durch die Anordnung der Scheitelpunkte S entlang einer Spirale entsteht eine Vielzahl von unregelmässig angeordneten Facetten, mit welchen wunschgemäss ein rundes Lichtfeld geschaffen wird, welches bei Entladungslampen im Randbereich keine Verfärbungen aufweist, und dessen Gradient der Beleuchtungsstärke vorgegeben werden kann.

35

40

Die Höhe der Erhebungen bzw. Vertiefungen kann über die Streuscheibe 3 hinweg variiert werden, so dass die Erhebungen und Vertiefungen unterschiedlich hoch bzw. tief ausfallen. Auch dies trägt zum Ziel bei, ein rundes und mehr oder weniger weich oder hart auslaufendes Lichtfeld bereitzustellen.

In einer in Fig. 3 dargestellten Ausgestaltung der Streuscheibe 3 befinden sich die Scheitelpunkte S der Facetten 24, 25, 26 im Wesentlichen auf einer Archimedischen Spirale.

Die einzelnen Punkte erhält man durch fortgesetztes Abtragen einer konstanten Bogenlänge L längs der Spirale von innen nach aussen. Die Scheitelpunkte können äquidistant zueinander angeordnet sein. Neben der äquidistanten Anordnung der Scheitelpunkte ist auch eine variable Bogenlänge L möglich. So kann eine von innen nach aussen zunehmende Bogenlänge L gewählt werden. Auf diese Weise erhält man im Inneren der Streuscheibe kleine Facetten mit Erhebungen geringer Höhe bzw. mit Vertiefungen geringer Tiefe, und somit eine kleine Streuwirkung. Zum Rand hin werden die Facetten grösser, die Höhe der Erhebungen bzw. die Tiefe der Vertiefungen wird grösser und die Streuwirkung wird ebenfalls grösser. Das Lichtfeld weist dann einen eher kleinen Halbstreuwinkel mit recht grosser Beleuchtungsstärke im Zentrum auf. Im Gegensatz hierzu wäre bei konstantem L die Beleuchtungsstärke eher plateauförmig und weich auslaufend.

Die vorstehend genannten Massnahmen, welche alternativ und ggf. kumulativ ergriffen werden können, erlauben es, auf vielfältige Weise, die Streuscheibe 3 an das jeweilige Beleuchtungssystem, zum Beispiel den jeweiligen Reflektor, anzupassen.

So kann durch die Wahl des Spiralentyps, des Werts der Bogenlänge L, aber auch durch Variation oder Konstanz der Bogenlänge eine Anpassung an einen Reflektor erfolgen. Diese Massnahmen ermöglichen es, das Lichtfeld in vorgegebenen Bereichen des Beleuchtungssystems zu beeinflussen, es lokal zu verstärken oder zu schwächen, und erlauben somit auf vielfältige Weise, das Lichtfeld zu optimieren.

Aus den vorstehenden Ausführungen ergibt sich, dass dem Fachmann mit den Lösungsvarianten eine Fülle von Parametern an die Hand gegeben wird, wie er das Lichtfeld unter Berücksichtigung des Beleuchtungssystems gestalten und anpassen kann. Insofern erlaubt der

gewählte Ansatz der unterschiedlichen geometrischen Formen für die Facetten eine sehr vielfältige und variable Anpassung des Lichtfeldes an die jeweiligen Verhältnisse.

5 Beispielhaft zeigen die Figuren 1 und 2 weitere bevorzugte Ausführungsformen. In Fig. 1 ist eine erste Ausführungsform der optischen Anordnung einer Stufenlinse mit einer in etwa mittig angeordneten, im Wesentlichen kreisförmigen Streuscheibe, welche einzelne, zueinander leicht verdrehte Facetten aufweist, dargestellt
10 und Fig. 2 zeigt eine zweite Ausführungsform der optischen Anordnung einer Stufenlinse mit einer in etwa mittig angeordneten, im Wesentlichen kreisförmigen Streuscheibe, welche Facetten aufweist, die durch ein Monte-Carlo-Verfahren aus deren regelmässiger Lage versetzt wurden.

15 Es tritt hinzu, dass zur Realisierung eines wunschgemässen Lichtfeldes oder eines wunschgemässen vordefinierten Streuverhaltens auch mehrere Möglichkeiten offen stehen, die sich im Design unterscheiden. Insofern erlauben es die Lösungsvarianten auch, hinsichtlich des ästhetischen
20 Erscheinungsbildes optimierte Streuscheiben bereitzustellen. Es kann für die Facette beispielsweise ein Rautenmuster oder die Form eines Hahnentritts verwendet werden.

25 Ferner ist es im Rahmen der Erfindung auch möglich, nicht-koaxiale oder nichtkonzentrische Anordnungen der Streuscheibe zu verwenden.

Nachfolgend werden beispielhaft bevorzugte beleuchtungstechnischen Ausführungsformen diskutiert, bei welchen sich das Lichtmischsystem der vorliegenden Erfindung besonders vorteilhaft verwenden lässt.

30

Detaillierte Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen von beleuchtungstechnischen Einrichtungen

35

Stufenlinsenscheinwerfer umfassend eine Stufenlinse mit positiver Brechkraft

40 Nachfolgend wird auf Fig. 10 Bezug genommen, welche eine Ausführungsform des Stufenlinsenscheinwerfers in Spotstellung zeigt.

Der Stufenlinsenscheinwerfer enthält im Wesentlichen einen ellipsoiden Reflektor 31, eine Lampe 32, welche eine Glühlampe, insbesondere Halogenlampe, ein Leuchtdiode, ein Leuchtdiodenfeld oder eine Gasentladungslampe sein kann, und eine Stufenlinse 33, welche eine sammelnde Linse, vorzugsweise eine plankonvexe Stufenlinse ist.

In Fig. 10 ist der reflektorferne Brennpunkt F2 des ellipsoiden Reflektors 31 in etwa mit dem linksseitigen reellen oder positiven Brennpunkt F3 der Stufenlinse 33 überlagert.

Das aus dem Scheinwerfer austretende Lichtbündel 34 ist in den Figuren lediglich schematisch durch dessen äussere Randstrahlen angedeutet.

Die Abstände a zwischen Stufenlinse 33 und Vorderkante des Reflektors 31 und b zwischen Lampe 32 und Scheitelpunkt des Reflektors 31 sind ebenfalls in Fig. 10 dargestellt.

Die Spotstellung wird dadurch eingestellt, dass sich die Lampenwendel oder der Entladungsbogen der Lampe 2 im Wesentlichen im reflektorseitigen Brennpunkt F1 des Reflektorellipsoids 1 angeordnet wird.

Das von dem Reflektor 31 reflektierte Licht wird in dieser Stellung nahezu vollständig auf den reflektorfernen Brennpunkt F2 des Ellipsoids 31 gerichtet. Der linksseitige positive oder reelle Brennpunkt F3 der Stufenlinse 33 fällt dann in etwa mit dem Brennpunkt F2 des Reflektorellipsoids 31 zusammen.

Es ist in Fig. 31 im Nahfeld auch zu erkennen, wie sich die Öffnung 35 innerhalb des Reflektors 32 im parallelen Strahlengang des Lichtfelds 34 als dunkler Bereich 36 auswirkt.

Innerhalb der Stufenlinse 33 ist eine kreisförmige, mittig angeordnete Streuscheibe 37 vorgesehen, welche ein definiertes Streulichtverhältnis und einen definierten Öffnungswinkel des gestreuten Lichts erzeugt. Hierdurch wird ein definiertes Mischverhältnis des gestreuten Lichts relativ zu dem durch die Stufenlinse 33 geometrisch-optisch abgebildeten Licht bereitgestellt.

Alternativ zu dieser Ausführungsform der Streuscheibe 37 ändert sich bei einer weiteren Ausführungsform die streuende Wirkung entlang des Radius der Streuscheibe 37 auf stetige Weise, so dass in der Mitte der

Streuscheibe 37 stärker streuende Bereiche und an deren abrupt endendem Rand weniger stark streuende Bereiche angeordnet sind.

5 In nochmals weiterer alternativer Ausgestaltung ist der Rand der Streuscheibe 37 nicht nur abrupt endend sondern es ist dieser in dessen streuender Wirkung stetig abnehmend ausgebildet und kann sich dieser auch unter die oder über der Stufenlinse erstrecken.

10 Hierdurch werden systemabhängig weitere Anpassungen an die stellungsabhängigen Mischverhältnisse vorgenommen, so dass der Fachmann stets ein optimales Mischungsverhältnis für ein homogen ausgeleuchtetes Lichtfeld oder auch für Lichtfelder mit definiert erzeugten lokal höheren Intensitäten bereitstellen kann.

15 Es ist aus Fig. 10 ferner zu erkennen, dass in der Spotstellung nur ein geringer Teil des gesamten Lichts, durch die Streuscheibe 37 tritt.

20 Durch die Streuscheibe 37 kommt es zu einer sehr homogenen Ausleuchtung, wie dies in Fig. 12, welche eine Öffnungswinkelabhängige logarithmische Darstellung der Lichtstärke des Stufenlinsenscheinwerfers zeigt, für die Spotstellung mit der Linie 38 wiedergegeben ist.

25 Fig. 11 zeigt die in Fig. 10 dargestellte Ausführungsform des Stufenlinsenscheinwerfers in einer ersten Floodstellung, bei welcher der reflektorferne Brennpunkt F2 des Reflektors 31 in etwa in einer reflektornahen Oberfläche der Stufenlinse 33 angeordnet ist.

30 Hierbei wird der Wert der Verschiebung a gegenüber der Spotstellung durch eine mechanische Führung definiert verändert.

Der Aufbau entspricht grundsätzlich dem in Fig. 10 erläuterten Aufbau des Stufenlinsenscheinwerfers.

35 Jedoch ist aus Fig. 11 deutlich zu erkennen, dass sowohl der Öffnungswinkel des austretenden Lichtstrahlenbündels 34 als auch der des dunklen Bereichs 36 zugenommen hat.

40 Da in dieser Stellung jedoch ein sehr hohe Anteil des Lichts nur auf einem sehr kleinen Bereich in der Mitte der Streuscheibe 37 auftritt, kann gerade dieser Bereich so gestaltet werden, dass dessen

Vorwärtsstreuokeule in etwa den dunklen Bereich 36 im Fernfeld oder Fernbereich in gewünschter Weise kompensiert. Es sei auch auf Fig. 36 verwiesen, welche die Lichtverhältnisse mit der Linie 39 beispielhaft für eine Floodstellung wiedergibt.

5

Eine wesentlich kompaktere Bauform des Stufenlinsenscheinwerfers mit noch höherer nutzbarer Lichtausbeute ist mit der nachfolgend beschriebenen Ausführungsform eines Stufenlinsenscheinwerfers erreichbar.

10

Stufenlinsenscheinwerfer umfassend eine Stufenlinse mit negativer Brechkraft.

15

Nachfolgend wird auf Fig. 13 bezug genommen, welche eine Ausführungsform des Stufenlinsenscheinwerfers in Spotstellung zeigt. Der Stufenlinsenscheinwerfer enthält im Wesentlichen einen ellipsoiden Reflektor 41, eine Lampe 42, welche eine Halogenlampe oder auch eine Entladungslampe sein kann, und eine Stufenlinse 43, welche eine

20

Linse mit negativer Brechkraft, vorzugsweise eine bikonkave Stufenlinse ist.

25

In Fig. 13 ist der reflektorferne Brennpunkt F2 des ellipsoiden Reflektors 41 in etwa mit dem rechtsseitigen virtuellen oder negativen Brennpunkt F3 der Stufenlinse 43 überlagert.

Das aus dem Scheinwerfer austretende Lichtbündel 44 ist in den Figuren lediglich schematisch durch dessen äussere Randstrahlen angedeutet.

30

Die Abstände a zwischen Stufenlinse 43 und Vorderkante des Reflektors 41 und b zwischen Lampe 42 und Scheitelpunkt des Reflektors 41 sind ebenfalls in Fig. 13 dargestellt.

35

Die Spotstellung wird dadurch eingestellt, dass sich die Lampenwendel oder der Entladungsbogen der Lampe 42 im Wesentlichen im reflektorseitigen Brennpunkt F1 des Reflektorellipsoids 41 angeordnet wird.

40

Das von dem Reflektor 41 reflektierte Licht wird in dieser Stellung nahezu vollständig auf den reflektorfernen Brennpunkt F2 des Ellipsoids 41 gerichtet. Der rechtsseitige negative oder virtuelle

Brennpunkt F3 der Stufenlinse 43 fällt dann in etwa mit dem Brennpunkt F2 des Reflektorellipsoids 41 zusammen.

5 Es ist in Fig. 13 im Nahfeld auch zu erkennen, wie sich die Öffnung 45 innerhalb des Reflektors 41 im parallelen Strahlengang des Lichtfelds 44 als dunkler Bereich 46 auswirkt.

10 Innerhalb der Stufenlinse 43 ist eine kreisförmige, mittig angeordnete Streuscheibe 47 vorgesehen, welche ein definiertes Streulichtverhältnis und einen definierten Öffnungswinkel des gestreuten Lichts erzeugt. Hierdurch wird ein definiertes Mischverhältnis des gestreuten Lichts relativ zu dem durch die Stufenlinse 43 geometrisch-optisch abgebildeten Licht bereitgestellt.

15 Alternativ zu dieser Ausführungsform der Streuscheibe 47 ändert sich bei einer weiteren Ausführungsform die streuende Wirkung entlang des Radius der Streuscheibe 47 auf stetige Weise, so dass in der Mitte der Streuscheibe 47 stärker streuende Bereiche und an deren abrupt endendem Rand weniger stark streuende Bereiche angeordnet sind.

20 In nochmals weiterer alternativer Ausgestaltung ist der Rand der Streuscheibe 47 nicht nur abrupt endend sondern es ist dieser in dessen streuender Wirkung stetig abnehmend ausgebildet und kann sich dieser auch unter die oder über der Stufenlinse erstrecken.

25 Hierdurch werden systemabhängig weitere Anpassungen an die stellungsabhängigen Mischverhältnisse vorgenommen, so dass der Fachmann stets ein optimales Mischungsverhältnis für ein homogen ausgeleuchtetes Lichtfeld oder auch für Lichtfelder mit definiert erzeugten lokal höheren Intensitäten bereitstellen kann.

30 Es ist aus Fig. 13 ferner zu erkennen, dass in der Spotstellung nur ein geringer Teil des gesamten Lichts, durch die Streuscheibe 47 tritt.

35 Durch die Streuscheibe 47 kommt es auch bei dieser Ausführungsform zu einer sehr homogenen Ausleuchtung, wie dies in Fig. 15, welche eine Öffnungswinkelabhängige logarithmische Darstellung der Lichtstärke des Stufenlinsenscheinwerfers zeigt, für die Spotstellung mit der Linie 48 wiedergegeben ist.

40

Fig. 14 zeigt die in Fig. 13 dargestellte Ausführungsform des

Stufenlinsenscheinwerfers in einer ersten Floodstellung, bei welcher der reflektorferne Brennpunkt F2 des Reflektors 41 in etwa in einer reflektornahen Oberfläche der Stufenlinse 43 angeordnet ist.

- 5 Hierbei wird der Wert der Verschiebung a gegenüber der Spotstellung durch eine mechanische Führung definiert verändert.

Der Aufbau entspricht grundsätzlich dem in Fig. 13 erläuterten Aufbau des Stufenlinsenscheinwerfers.

10

Jedoch ist aus Fig. 14 deutlich zu erkennen, dass sowohl der Öffnungswinkel des austretenden Lichtstrahlenbündels 44 als auch der des dunklen Bereichs 46 zugenommen hat.

15

Da in dieser Stellung jedoch ein sehr hoher Anteil des Lichts nur auf einem sehr kleinen Bereich in der Mitte der Streuscheibe 47 auftrifft, kann gerade dieser Bereich so gestaltet werden, dass dessen Vorwärtsstreukeule in etwa den dunklen Bereich 46 im Fernfeld oder Fernbereich in gewünschter Weise kompensiert. Es sei auch auf Fig. 15

20

verwiesen, welche die Lichtverhältnisse mit der Linie 49 beispielhaft für eine Floodstellung wiedergibt.

25

Bei den vorstehend beschriebenen Ausführungsform nehmen der erste und der zweite Bereich, welche jeweils der Stufenlinse und der Streuscheibe zugeordnet sind, reale Oberflächen der optischen Anordnung ein, in Form von konzentrisch angeordneten Oberflächen mit verschiedenen Durchmessern (2RstI, 2RstrA). Dabei liegt die Streuscheibe innerhalb eines Kreises mit dem Radius RstrA und ist weiterer Ausgestaltung nochmals unterteilt

30

Die Streuscheibe mit dem Radius RstrA enthält einen konzentrischen kleineren Kreis mit dem Durchmesser RstrI, welcher bei dieser alternativen Ausgestaltung ein anderes Streuverhalten aufweist.

35

Das Verhältnis der Oberflächengrösse von Stufenlinsenoberfläche zu Streuscheibenoberfläche definiert das Verhältnis der jeweils wirksam werdenden Anteile des austretenden, für beleuchtungstechnische Zwecke nutzbaren Lichts und ist je nach erfindungsgemässer Ausführungsform grösser als 2 zu 1 (Stufenlinsenoberfläche zu

40

Streuscheibenoberfläche), vorzugsweise ist das Verhältnis der Oberflächengrösse von Stufenlinsenoberfläche zu Streuscheibenoberfläche grösser als 10 zu 1 und am bevorzugtesten ist

das Verhältnis der Oberflächengrösse von Stufenlinseoberfläche zu Streuscheibenoberfläche grösser als 100 zu 1.

5 In weiterer erfindungsgemässer Ausgestaltung ist der Öffnungswinkel des aus der Streuscheibe austretenden Lichts in vertikaler Richtung verschieden von dem Öffnungswinkel in horizontaler Richtung und es wird hiermit durch die Streuscheibe je nach Ausführungsform ein unrund, ellipsoid, vieleckig und insbesondere rechteckig und/oder quadratisch ausgeleuchtetes Lichtfeld erzeugt.

10 Die Unterteilung der Streuscheibe in Bereiche mit verschiedenem Streuverhalten, insbesondere verschiedenem starkem Streuverhalten auch zu, dass die Art des Lichteinfalls steuerbar wird. Es kann das runde Lichtfeld der Spotstellung bei Verstellung beispielsweise zunächst in

15 ein quadratisches Lichtfeld mit weichem Randabfall übergehen, wenn der Lichtkegel zwar noch den gesamten Streuscheibendurchmesser R_{StrA} aber nicht mehr die Stufenlinse erfasst und bei weiterer Verstellung und kleiner werdendem Lichtkegel kann das Lichtfeld in ein Lichtfeld mit hartem Randabfall übergehen, wenn der Lichtkegel nur noch einen

20 inneren Durchmesser R_{StrI} erfasst, dessen Anteile das Licht nur noch in das quadratische Lichtfeld aber sehr viel exakter nur noch in dieses lenken.

Der elliptische Reflektor mit dem Grundkörper einer Ellipse lässt sich

25 mathematisch exakt durch deren Hauptachsen H_a , H_b , definieren, siehe Fig. 14, wobei für den Reflektor 31, 41 angenommen wird, dass dieser zylindersymmetrisch und rotationsinvariant ausgebildet ist, dies bedeutet durch Angabe der zwei voneinander verschiedenen Hauptachsen H_a und H_b vollständig definiert ist.

30 Als Elliptizität des Reflektors 31, 41, wird, siehe beispielsweise Fig. 14, das Verhältnis seiner Hauptachsen $\varepsilon = H_a/H_b$ der seine Form definierenden Ellipse bezeichnet, und es wird hierbei von einem zur optischen Achse des Stufenlinsenscheinwerfers zylindersymmetrischen

35 Anordnung des Reflektors ausgegangen.

Ferner soll der in Fig. 14 dargestellte Reflektor in etwa einer halben, mittig geteilten Ellipse entsprechen oder von dieser, lediglich für die Erläuterung und zum besseren Verständnis der

40 nachfolgenden Ungleichung, nicht zu stark abweichen.

Für eine beleuchtungstechnisch vorteilhafte Ausgestaltung mit hoher Lichtausbeute sollte der Wert von ϵ grösser als eins sein.

5 Bevorzugt ist für den Stufenlinsenscheinwerfer der vorstehend beschriebenen Ausführungsformen mit elliptischem Reflektor 31, 41 mit einer Elliptizität ϵ das Verhältnis von Brennweite zu Radius $n_{St1} = R_{St1}/F_{St1}$ der Stufenlinse grösser als 0,5 mal $1/\sqrt{\epsilon^2-1}$, vorzugsweise grösser als 0,7 mal $1/\sqrt{\epsilon^2-1}$, am bevorzugtesten grösser als 0,9 mal $1/\sqrt{\epsilon^2-1}$, wobei $1/\sqrt{\epsilon^2-1}$, den Kehrwert der
10 Wurzel von $(\epsilon^2 - 1)$ darstellt.

Durch die Verwendung der erfindungsgemässen Stufenlinse mit Streuscheibe kann ein erheblich höherer Teil des von der Lampe 32, 42 ausgesandten Lichtstroms für beleuchtungstechnische Zwecke genutzt
15 werden, beispielsweise bis zu mehr als 50 % mehr des von der Lampe 32, 42 ausgesandten Lichtes in das zu beleuchtende Feld gerichtet werden. In der Spot-Stellung kann im wesentlichen das gesamte vom Reflektor 31, 41 kommende Licht in das enge Lichtfeld der Spot-Beleuchtung gerichtet werden und bildet hierbei der Anteil des auf die
20 Streuscheibe 37, 47 fallenden Lichtes einen weich auslaufenden Rand, welcher für viele beleuchtungstechnische Zwecke hochoerwünscht ist.

Bei der Ausführungsform des Stufenlinsenscheinwerfers mit Stufenlinse mit negative Brechkraft kann, insbesondere in dessen Spotstellung, auch nahezu der gesamte direkt von der Lampe 42 nach vorn, direkt in
25 die Stufenlinse und die Streuscheibe eintretende Teil des Lichts genutzt werden, da dieser zu grossen Teilen ebenfalls zum weich auslaufenden Randbereich des beleuchtenden Lichts beiträgt.

30 In der Spotstellung des Stufenlinsenscheinwerfers sind erstmalig bis zu mehr als 80 % und in der Floodstellung sind bis zu mehr als 60 % des aus der Lampe 42 austretenden Lichts nutzbar.

Durch Wahl des Flächenverhältnis zwischen beleuchteter Fläche der Stufenlinse und beleuchteter Fläche der Streuscheibe kann dieses
35 Verhältnis zwischen Lichtanteil im Spotbereich und im Randbereich, beispielsweise durch Wahl des Durchmessers der Streuscheibe und des Durchmessers der Stufenlinse, wunschgemäss eingestellt werden. Hierdurch lassen sich Stufenlinsenscheinwerfer mit in Spotstellung zum
40 Rand hin stärker oder weicher abfallendem Lichtfeld bereitstellen.

Besonders vorteilhaft findet der vorstehend beschriebene Stufenlinsenscheinwerfer seinen Einsatz in einem Beleuchtungsset zusammen mit einem gegenüber dem Stand der Technik wesentlich verkleinertem elektrischen Netzteil oder Vorschaltgerät. Dieses
5 Netzteil kann bei gegenüber dem Stand der Technik gleicher nutzbarer Lichtleistung sowohl elektrisch als auch mechanisch kleiner gestaltet sein da der erfindungsgemäße Stufenlinsenscheinwerfer über eine wesentlich höhere Lichtausbeute verfügt. Somit wird weniger Gewicht benötigt und bei Transport und Lagerung geringerer Stauraum
10 beansprucht.

Hierdurch wird aber auch, insbesondere bei Verwendung von Kaltlicht-Reflektoren die gesamte thermische Belastung der beleuchteten Personen und Gegenstände reduziert.

15 Ferner kann der erfindungsgemäße Stufenlinsenscheinwerfer zur Erhöhung der Lichtausbeute und der Homogenität des ausgeleuchteten Lichtfelds vorteilhaft auch in Taschenlampen verwendet werden.

Bezugszeichenliste

	1	optische Anordnung
	2	Stufenlinse
5	3	Streuscheibe
	4	ringförmige, konzentrische im Wesentlichen optisch wirksame Oberflächenabschnitte
	5	dto.
	6	dto.
10	7	Grundkörper(abschnitt)
	8	wie 4 bis 6
	9	Grundkörperabschnitt der mehrteiligen Anordnung
	10	planparalleler Randbereich
	11	optisch wirksame Oberfläche
15	12	dto.
	13	dto.
	14	Plankonvexlinse aus Vollmaterial
	15	konvex-konkave Stufenlinse
	16	radiale Erstreckung der optisch wirksamen Oberflächenabschnitte, Breite
20	17	Höhe der optisch wirksamen Oberflächenabschnitte
	18	Antireflexschicht
	19	Kratzschuttschicht
	20	Interferenzfilterschicht
25	21	Kratzschuttschicht
	22	mittiger, stärker streuender Bereich
	23	randseitiger, weniger stark streuender Bereich
	24	Facette
	25	dto.
30	26	dto.
	31	Reflektor
	32	Lampe
	33	Stufenlinse
	34	austretendes Lichtbündel
35	35	Öffnung im Reflektor 1
	36	dunkler Bereich
	37	Streuscheibe
	38	Intensitätsverteilung in Spotstellung
	39	Intensitätsverteilung in Floodstellung
40	41	Reflektor
	42	Lampe
	43	Stufenlinse

- 44 austretendes Lichtbündel
- 45 Öffnung im Reflektor 1
- 46 dunkler Bereich
- 47 Streuscheibe
- 5 48 Intensitätsverteilung in Spotstellung
- 49 Intensitätsverteilung in Floodstellung

Patentansprüche

- 5 1. Optische Anordnung für beleuchtungstechnische Zwecke,
insbesondere für einen Stufenlinsenscheinwerfer, umfassend eine
Stufenlinse mit einem Licht streuenden Element, insbesondere einer
Streuscheibe,
bei welcher die Streuscheibe in einem ersten Bereich und die
10 Stufenlinse in einem zweiten Bereich angeordnet sind und
bei welcher mit der Änderung der Form des auf die optische
Anordnung auftreffenden Lichts und/oder der Grösse des die optische
Anordnung beleuchtenden Lichts der Öffnungswinkels des aus der
optischen Anordnung austretenden Lichts, insbesondere zwischen zwei
15 Grenzwerten, einem kleineren α_{sp} und einem grösseren α_{F1} , einstellbar
ist.
2. Optische Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
der erste und der zweite Bereich jeweils Oberflächen der optischen
20 Anordnung einnehmen, vorzugsweise konzentrisch angeordnete Oberflächen
mit verschiedenen Durchmessern (2Rstl, 2RstrA).
3. Optische Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch
gekennzeichnet, dass mit der Änderung der Grösse, insbesondere des
25 Durchmessers, des auf die optische Anordnung auftreffenden Lichts der
Öffnungswinkel (α , α_{sp} , α_{F1}) des aus der optischen Anordnung
austretenden Lichts im Wesentlichen ohne Veränderung der
Einfallswinkel des die optische Anordnung beleuchtenden Lichts,
veränderbar, insbesondere einstellbar ist.
30
4. Optische Anordnung nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch
gekennzeichnet, dass das Verhältnis der Oberflächengrösse von
Stufenlinsenoberfläche zu Streuscheibenoberfläche grösser als 2 zu 1,
vorzugsweise das Verhältnis der Oberflächengrösse von
35 Stufenlinsenoberfläche zu Streuscheibenoberfläche grösser als 10 zu 1
und am bevorzugtesten das Verhältnis der Oberflächengrösse von
Stufenlinseoberfläche zu Streuscheibenoberfläche grösser als 100 zu 1
ist.
- 40 5. Optische Anordnung nach einem der Ansprüche von 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass der Öffnungswinkel des aus der
Streuscheibe austretenden Lichts in vertikaler Richtung verschieden

von dem Öffnungswinkel in horizontaler Richtung ist.

- 5 6. Optische Anordnung nach einem der Ansprüche von 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Streuscheibe mehrere Bereiche, insbesondere ringförmige Oberflächenbereiche enthält, welche Licht jeweils in verschiedene Richtungen oder unterschiedlich stark streuen.
- 10 7. Optische Anordnung nach einem der Ansprüche von 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass für einen Stufenlinsenscheinwerfer mit elliptischem Reflektor mit einer Elliptizität ε das Verhältnis von Brennweite zu Radius $n_{St1} = R_{St1}/F_{St1}$ der Stufenlinse grösser als 0,5 mal $1/\sqrt{\varepsilon^2-1}$, vorzugsweise grösser als 0,7 mal $1/\sqrt{\varepsilon^2-1}$, am bevorzugtesten grösser als 0,9 mal $1/\sqrt{\varepsilon^2-1}$.
- 15 8. Optische Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Streuscheibe nur in einem mittleren und/oder mittigen Bereich der Stufenlinse angeordnet ist.
- 20 9. Optische Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Streuscheibe an der Lichtaustrittsfläche angeordnet ist.
- 25 10. Optische Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Streuscheibe an der Lichteintrittsfläche angeordnet ist.
- 30 11. Optische Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass jeweils eine Streuscheibe an der Lichteintrittsfläche und an der Lichtaustrittsfläche angeordnet ist.
- 35 12. Optische Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Licht streuenden Element verschieden stark streuende Bereiche aufweist, vorzugsweise einen mittig stärker streuenden und einen randseitig weniger stark streuenden Bereich aufweist.
- 40 13. Optische Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Streuscheibe mattiert und/oder durch Heissformgebung, insbesondere Prägen und/oder spritzgusstechnisch, hergestellt ist.
14. Optische Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass das Material der Stufenlinse und/oder der Streuscheibe Glas umfasst.

5 15. Optische Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Material der Stufenlinse und/oder der Streuscheibe glaskeramisches Material umfasst, insbesondere aus glaskeramischem Material besteht.

10 16. Optische Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die optische Anordnung einstückig ausgebildet ist.

15 17. Optische Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Stufenlinse eine asphärische Linse ist.

20 18. Optische Anordnung nach einem der Ansprüche von 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Stufenlinse eine sphärische Linse ist.

19. Optische Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Stufenlinse einen Grundkörper mit einer im Wesentlichen planen Oberfläche aufweist.

25 20. Optische Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Stufenlinse einen optisch strahlformend wirksamen Grundkörper mit einer im Wesentlichen konkaven sphärischen oder asphärischen Oberfläche aufweist.

30 21. Optische Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche von 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Stufenlinse einen optisch strahlformend wirksamen Grundkörper mit einer im Wesentlichen konvexen sphärischen oder asphärischen Oberfläche aufweist.

35 22. Optische Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die im Wesentlichen ringförmigen, optisch wirksamen Oberflächen der Stufen als Kreisbogenabschnitte gestaltet sind.

40 23. Optische Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche von 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die im Wesentlichen ringförmigen, optisch wirksamen Oberflächen der Stufen kegelmantelförmig ausgebildet

sind.

24. Optische Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche von 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die im Wesentlichen ringförmigen, optisch wirksamen Oberflächen der jeweiligen Stufen so geformt sind, dass eine in etwa ebene Welle mit zur optischen Achse senkrechten Phasenfronten in einem reellen Brennpunkt vereinigt wird oder in eine Kugelwelle umgeformt wird, deren Mittelpunkt in einem virtuellen Brennpunkt zu liegen scheint.
25. Optische Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Material der Stufenlinse und/oder der Streuscheibe Kunststoff umfasst.
26. Optische Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die optische Anordnung mit Stufenlinse und Streuscheibe aus mehreren Elementen zusammengesetzt ist.
27. Optische Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die optische Anordnung eine hybrider Verbund aus Glas und Kunststoff ist.
28. Optische Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Stufenlinse ein Material umfasst mit einem ersten Dispersionsverhalten und eine weitere Linse mit entgegengesetzter Brechkraft, vorzugsweise eine Stufenlinse mit einem Material mit einem zweiten Dispersionsverhalten derart vorgesehen ist, dass chromatische Aberrationen vermindert sind.
29. Optische Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Stufenlinse eine geprägte Linse, insbesondere eine Kunststofflinse ist, vorzugsweise mit einem optischen Weglängenunterschied an der jeweiligen Stufe von weniger als etwa 1000 optischen Wellenlängen.
30. Optische Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Stufenlinse auf einer ersten Seite und die Streuscheibe auf einer der ersten Seite gegenüberliegenden Seite ausgebildet oder angeordnet ist.
31. Optische Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die um den zentralen kreisförmigen

Abschnitt der Stufenlinse angeordneten ringförmigen Abschnitte im Wesentlichen die gleiche radiale Erstreckung aufweisen.

- 5 32. Optische Anordnung nach einem der Ansprüche von 1 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass die stufenförmigen Erhebung zumindest zweier benachbarter ringförmiger Abschnitte im Wesentlichen die gleiche Höhe haben.
- 10 33. Optische Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die der Lichtquelle zugewandte Oberfläche der optischen Anordnung aus Glas besteht und vorgespannt, vorzugsweise thermisch vorgespannt ist.
- 15 34. Optische Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Stufenlinse und/oder die Streuscheibe als Filter, insbesondere als UV-, IR- oder farbiges Bandfilter und/oder Konversionsfilter ausgebildet ist/sind.
- 20 35. Optische Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Stufenlinse und/oder die Streuscheibe mit einer mechanischen Kratzschuttschicht und/oder einer Antireflexschicht beschichtet sind.
- 25 36. Streuscheibe für eine optische Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, welche eine erste Oberfläche aufweist, die in Facetten unterteilt ist, und bei der jeder Facette eine Erhebung oder Vertiefung mit einer zweiten, gewölbt ausgebildeten Oberfläche zugeordnet ist, welche dadurch gekennzeichnet ist, dass die Facetten unterschiedliche geometrische Formen annehmen.
- 30 37. Streuscheibe nach Anspruch 36 welche, dadurch gekennzeichnet ist, dass die Facetten eine polygonale Randkontur aufweisen.
- 35 38. Streuscheibe nach Anspruch 36, welche dadurch gekennzeichnet ist, dass die Facetten unterschiedliche Flächeninhalte aufweisen.
- 40 39. Streuscheibe nach Anspruch 36, 37 oder 38, welche dadurch gekennzeichnet ist, dass die Facetten die Form eines Drei-, Vier-, Fünf-, Sechs- und/oder Sieben-Ecks annehmen.
- 40 40. Streuscheibe nach einem der Ansprüche 36 bis 39, dadurch gekennzeichnet, dass die Facetten unterschiedliche

Orientierungen aufweisen.

5 41. Streuscheibe nach einem der Ansprüche 36 bis 40, dadurch gekennzeichnet, dass die Erhebungen oder Vertiefungen kalottenförmig ausgebildet sind.

10 42. Streuscheibe nach einem der Ansprüche 36 bis 41, dadurch gekennzeichnet, dass die Höhe der Erhebungen und/oder die Tiefe der Vertiefungen unterschiedlich gewählt sind.

43. Streuscheibe nach dem Oberbegriff von Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, dass die jeweiligen Scheitelpunkte (S) der Erhebungen oder Vertiefungen entlang einer Spirale angeordnet sind.

15 44. Streuscheibe nach Anspruch 43, dadurch gekennzeichnet, dass die Scheitelpunkte (S) auf einer Archimedischen Spirale angeordnet sind.

20 45. Streuscheibe nach Anspruch 43 oder 44, dadurch gekennzeichnet, dass die Bogenlänge (L) zwischen zwei benachbarten Scheitelpunkten (S) entlang der Spirale nahezu äquidistant ist.

25 46. Streuscheibe nach Anspruch 43 oder 44, dadurch gekennzeichnet, dass die Bogenlänge (L) zwischen zwei benachbarten Scheitelpunkten (S) entlang der Spirale variabel gestaltet ist.

47. Streuscheibe nach einem der Ansprüche 43 bis 46, dadurch gekennzeichnet, dass die Höhe der Erhebungen und/oder die Tiefe der Vertiefungen unterschiedlich gewählt sind.

30 48. Streuscheibe nach dem Oberbegriff von Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, dass die Streuscheibe, einzelne relativ zueinander verdrehte Facetten aufweist.

35 49. Streuscheibe nach dem Oberbegriff von Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, dass die Streuscheibe Facetten aufweist, die durch ein Monte-Carlo-Verfahren aus deren regelmässiger Lage versetzt sind.

40 50. Streuscheibe für eine optische Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche von 1 bis 37, dadurch gekennzeichnet, dass die Streuscheibe eine definierte Körnung aufweist, welche in einem mittleren Bereich feiner und mit zunehmender Entfernung von der Mitte grober wird.

51. Stufenlinsenscheinwerfer mit einstellbarem Öffnungswinkel des austretenden Lichtbündels mit einem, vorzugsweise ellipsoiden Reflektor, einer Lampe und mindestens einer Stufenlinse, dadurch gekennzeichnet, dass die Stufenlinse eine Streuscheibe aufweist und insbesondere eine Stufenlinse mit Streuscheibe gemäss einem der Ansprüche von 1 bis 50 ist.
52. Stufenlinsenscheinwerfer nach Anspruch 51, dadurch gekennzeichnet, dass die Stufenlinse mit der Streuscheibe ein Lichtmischsystem definiert, welches den Anteil des gestreuten Lichts relativ zum dem Anteil des geometrisch-optisch abgebildeten Lichts, somit das Lichtmischverhältnis, in Abhängigkeit von der Stellung des Stufenlinsenscheinwerfers verändert.
53. Stufenlinsenscheinwerfer nach Anspruch 51 oder 52 dadurch gekennzeichnet, dass die Stufenlinse einen reellen Brennpunkt aufweist, welcher mit einem reflektorfernen Brennpunkt des Reflektors, insbesondere in Spotstellung des Stufenlinsenscheinwerfers, überlagerbar ist.
54. Stufenlinsenscheinwerfer nach einem der vorstehenden Ansprüche von 51 bis 53, dadurch gekennzeichnet, dass die Stufenlinse eine als Stufenlinse ausgebildete, vorzugsweise plankonvexe Sammellinse ist.
55. Stufenlinsenscheinwerfer mit einstellbarem Öffnungswinkel des austretenden Lichtbündels mit einem, vorzugsweise ellipsoiden Reflektor, einer Lampe und mindestens einer Stufenlinse, nach Anspruch 51 dadurch gekennzeichnet, dass die Stufenlinse eine Linse mit negativer Brennweite, somit eine Negativlinse mit virtuellem Brennpunkt ist.
56. Stufenlinsenscheinwerfer nach Anspruch 55, dadurch gekennzeichnet, dass die Stufenlinse einen virtuellen Brennpunkt aufweist, welcher mit einem reflektorfernen Brennpunkt des Reflektors, insbesondere in Spotstellung des Stufenlinsenscheinwerfers, überlagerbar ist.
57. Stufenlinsenscheinwerfer nach Anspruch 55 oder 56, dadurch gekennzeichnet, dass die Stufenlinse eine vorzugsweise bikonkave Negativlinse ist.

58. Stufenlinsenscheinwerfer nach einem der vorstehenden Ansprüche von 51 bis 57, dadurch gekennzeichnet, dass der Öffnungswinkel des aus dem Stufenlinsenscheinwerfers in Stellung Spot kleiner oder gleich 8° und in Stellung Flood grösser oder gleich 60° ist.
59. Stufenlinsenscheinwerfer nach einem der vorstehenden Ansprüche von 51 bis 58, dadurch gekennzeichnet, dass der Öffnungswinkel des aus dem Stufenlinsenscheinwerfers in Stellung Spot kleiner oder gleich 8° und in Stellung Flood grösser oder gleich 70° ist.
60. Stufenlinsenscheinwerfer nach einem der vorstehenden Ansprüche von 51 bis 59, dadurch gekennzeichnet, dass der Öffnungswinkel des aus dem Stufenlinsenscheinwerfers in Stellung Spot kleiner oder gleich 8° und in Stellung Flood grösser oder gleich 80° ist.
61. Stufenlinsenscheinwerfer nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Stufenlinsenscheinwerfer einen elliptischem Reflektor mit einer Elliptizität ε umfasst und das Verhältnis von Brennweite zu Radius $n_{St1} = R_{St1}/F_{St1}$ der Stufenlinse grösser als $0,5 \text{ mal } 1/\sqrt{\varepsilon^2-1}$, vorzugsweise grösser als $0,7 \text{ mal } 1/\sqrt{\varepsilon^2-1}$, am bevorzugtesten grösser als $0,9 \text{ mal } 1/\sqrt{\varepsilon^2-1}$.
62. Stufenlinsenscheinwerfer nach einem der vorstehenden Ansprüche von 51 bis 61, dadurch gekennzeichnet, dass der Reflektor aus einem metallischen oder transparenten, vorzugsweise dielektrischen Material, Glas und/oder Kunststoff besteht.
63. Stufenlinsenscheinwerfer nach einem der vorstehenden Ansprüche von 51 bis 62, bei welchem mindestens eine der beiden Hauptoberflächen des Reflektors mit einem System optisch dünner Schichten versehen ist.
64. Stufenlinsenscheinwerfer nach einem der vorstehenden Ansprüche von 51 bis 63, bei welchem die lichtreflektierende Oberfläche des Reflektors, vorzugsweise Teilflächen oder Facetten aufweisend, lichtstreuend strukturiert ist und keine, eine oder zwei Oberflächen der Stufenlinse zusätzlich zur Streuscheibe lichtstreuend strukturiert sind.
65. Stufenlinsenscheinwerfer nach einem der vorstehenden Ansprüche von 51 bis 64, dadurch gekennzeichnet, dass ein Hilfsreflektor zwischen Stufenlinse und Reflektor angeordnet ist.

66. Verwendung des Stufenlinsenscheinwerfers nach einem der Ansprüche von 51 bis 65 für Medizin, Architektur, Film, Bühne, Studio und Fotografie.

5

67. Taschenlampe umfassend einen Stufenlinsenscheinwerfer nach einem der vorstehenden Ansprüche von 51 bis 65.

Fig. 1

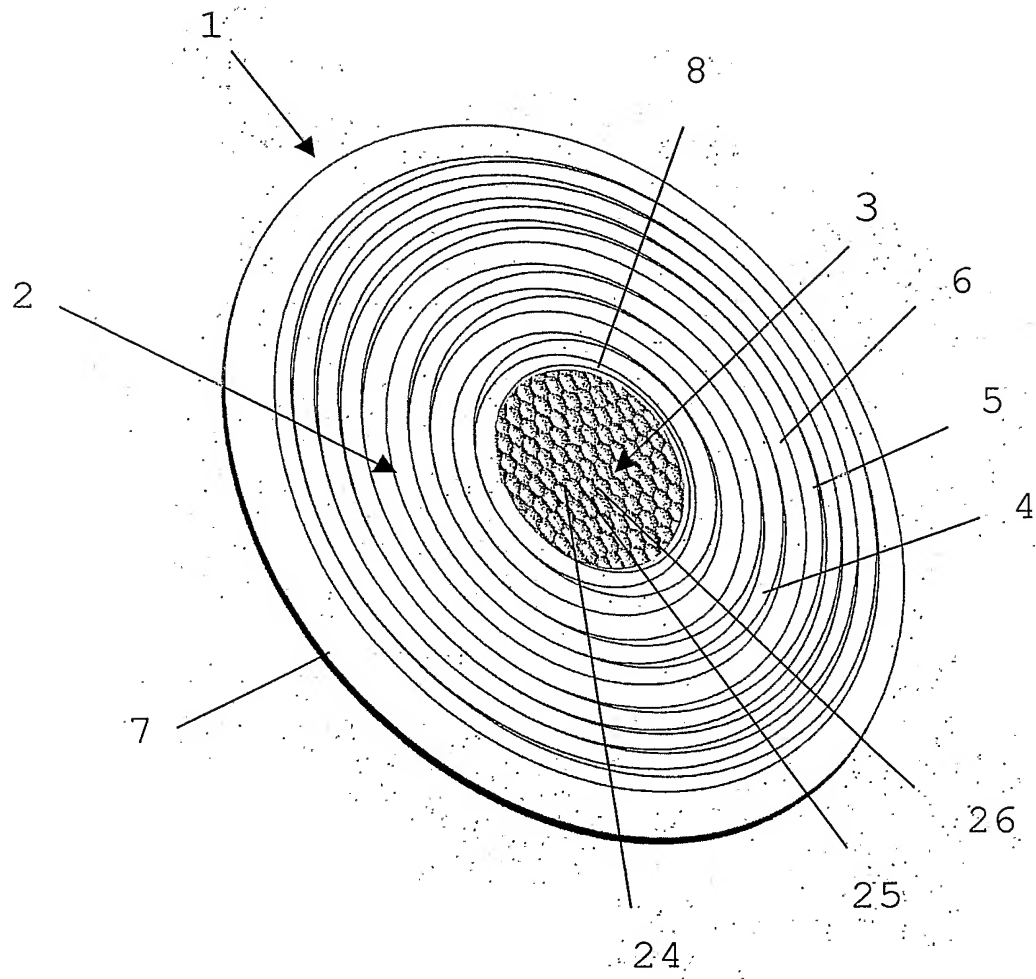


Fig. 2

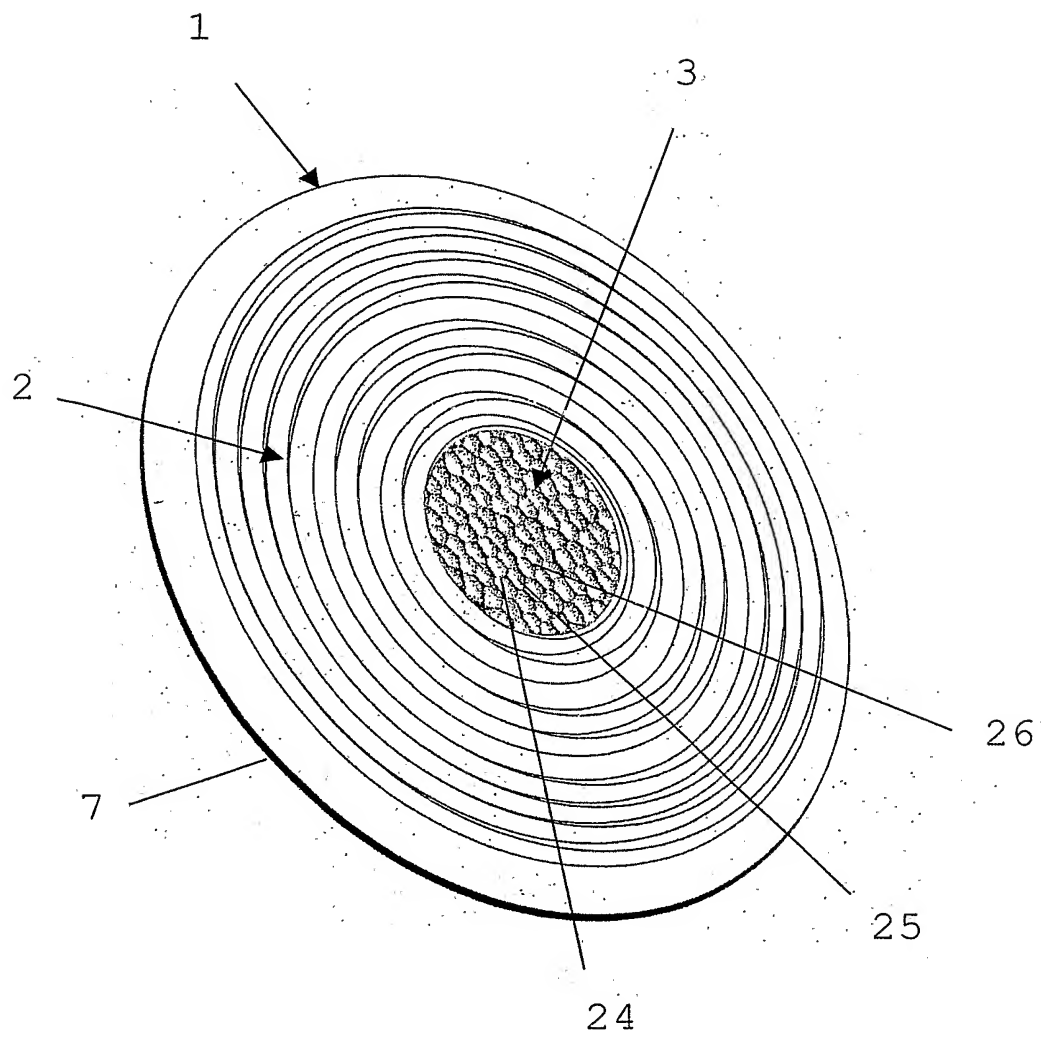


Fig. 3

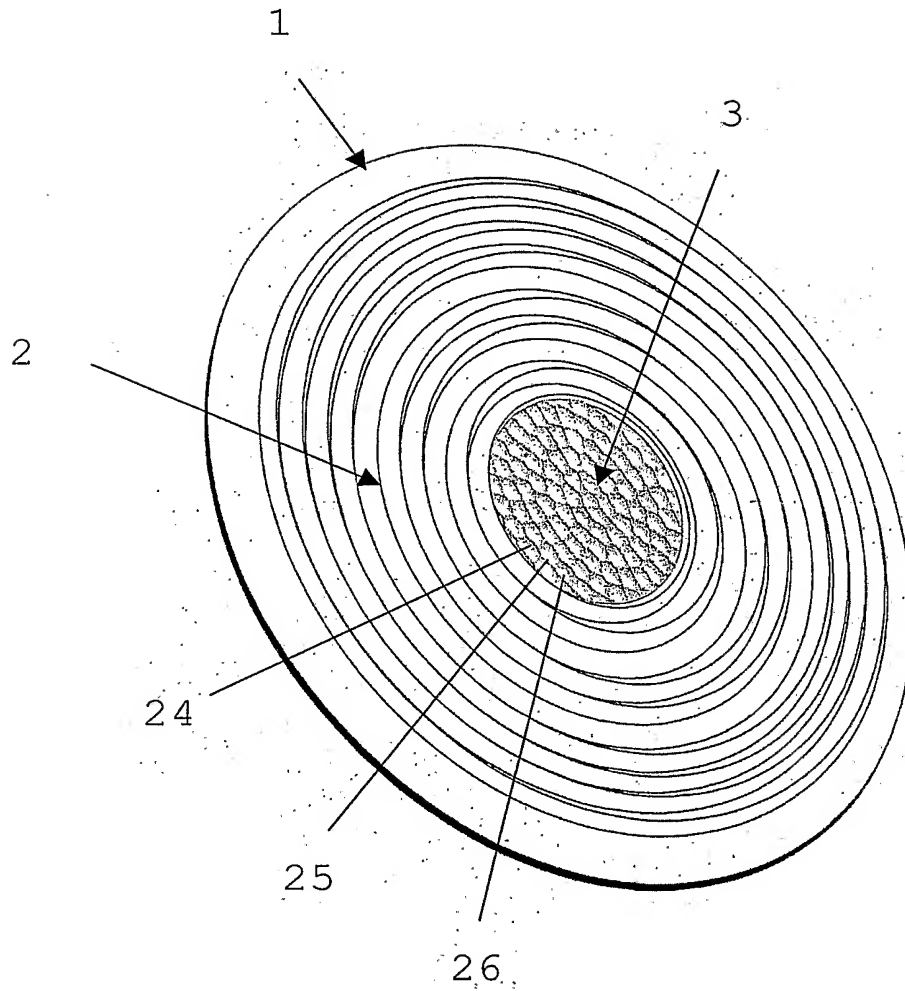


Fig. 4

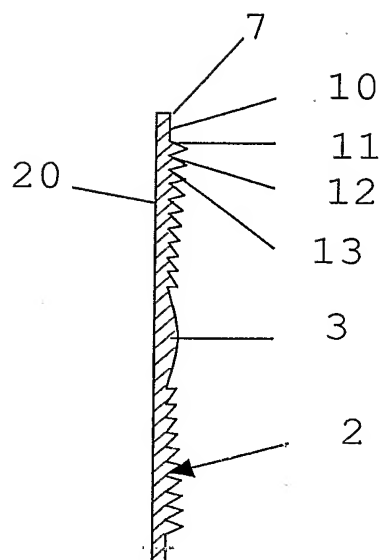


Fig. 5

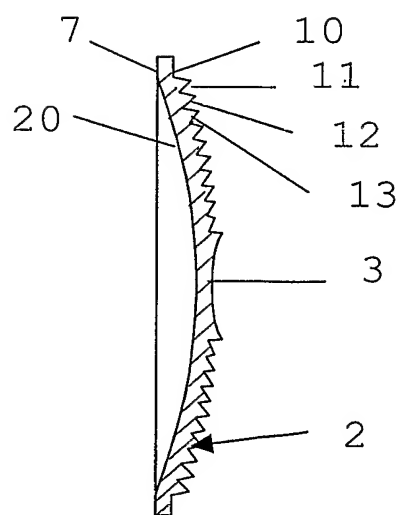


Fig. 6

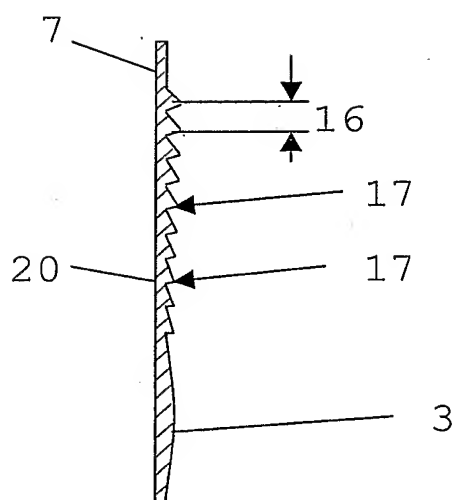


Fig. 7

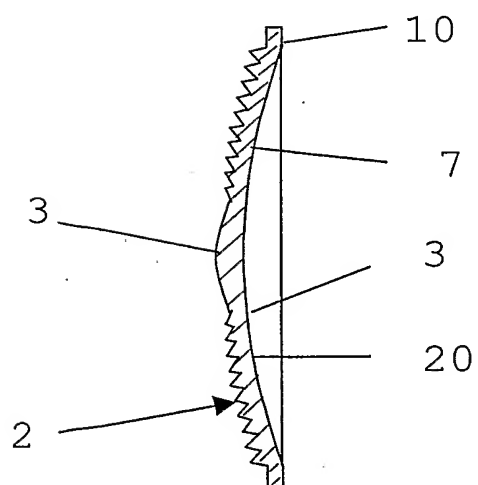


Fig. 8

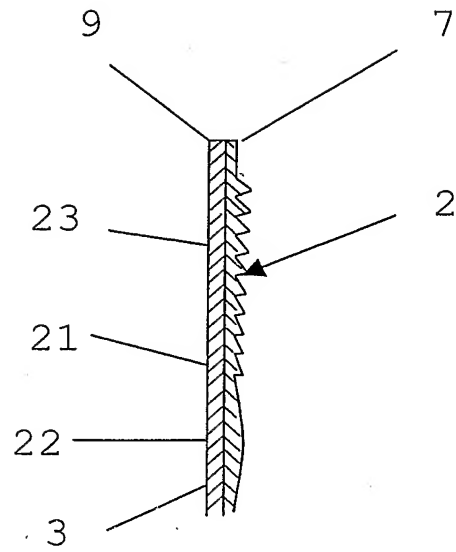


Fig. 9

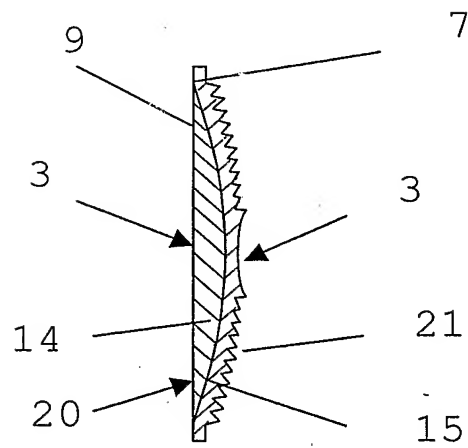


Fig. 10

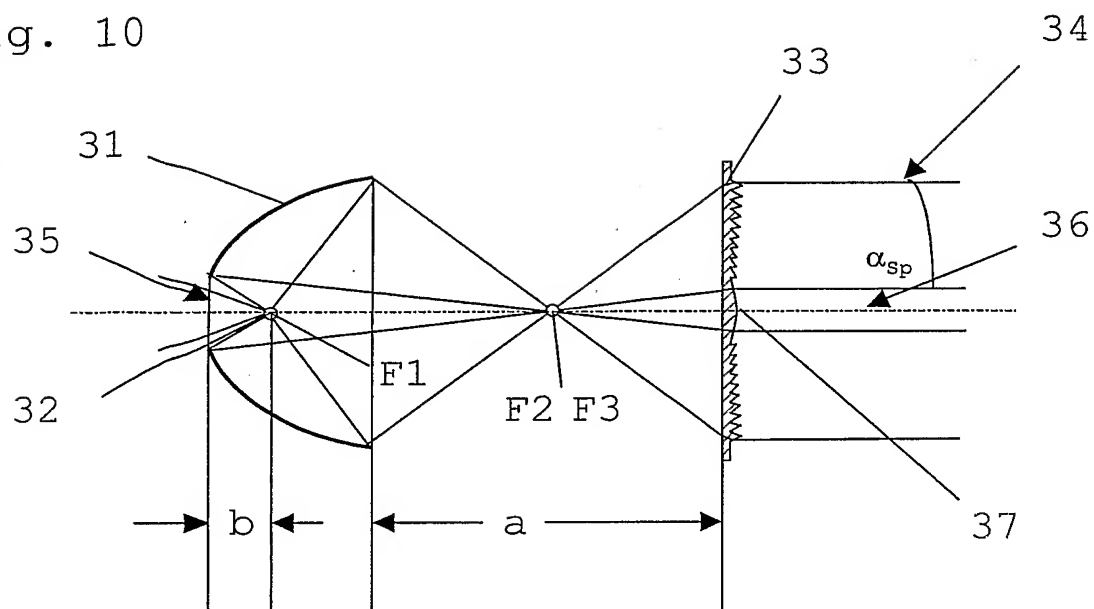


Fig. 11

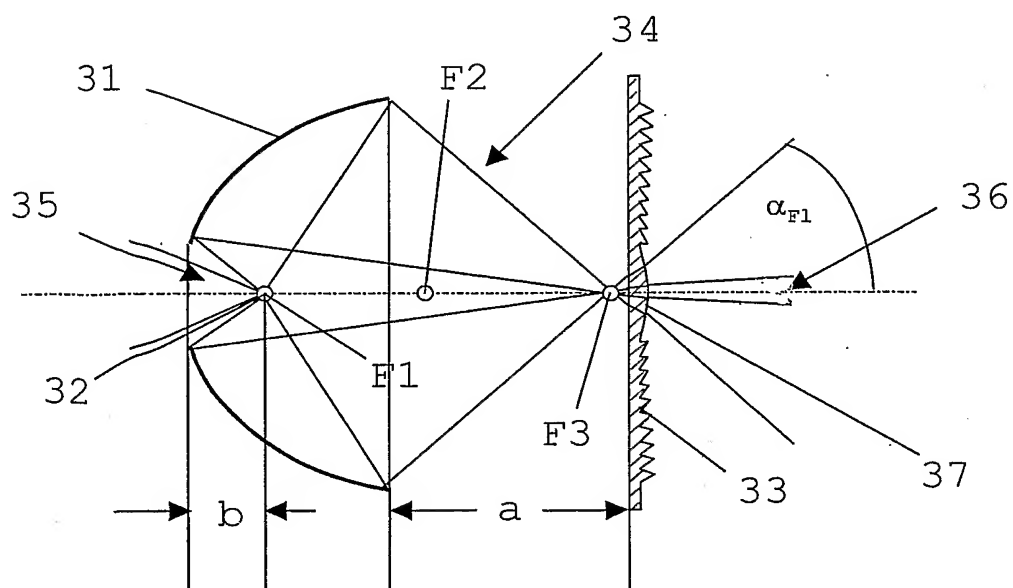


Fig. 12

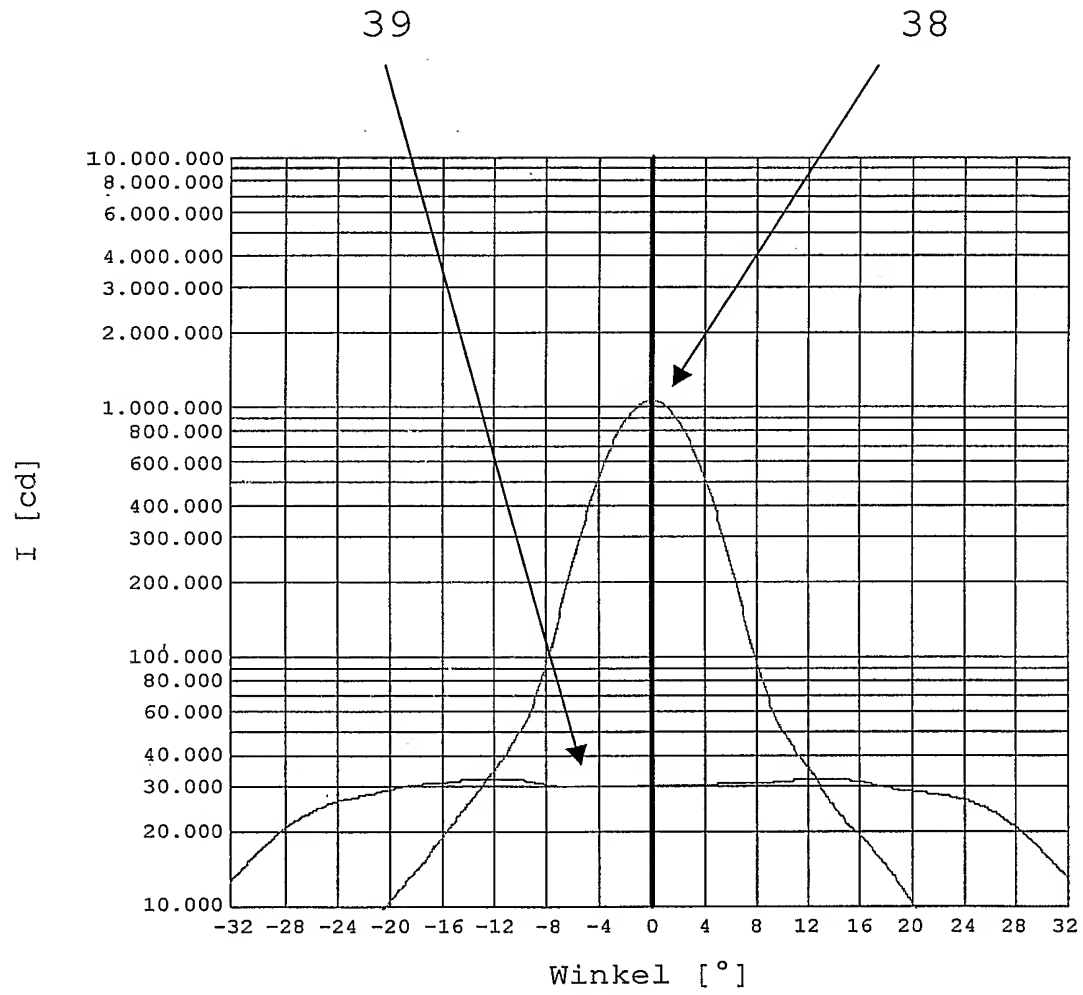
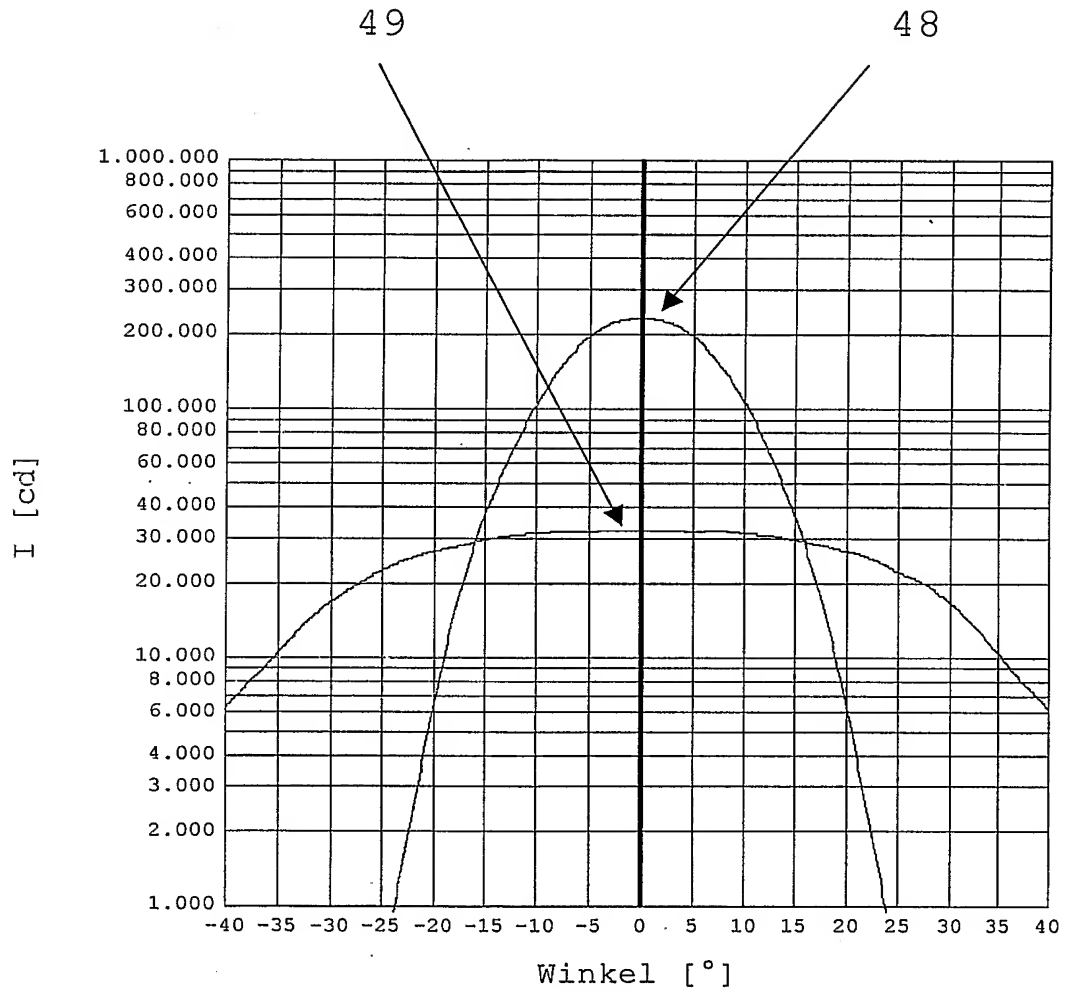


Fig. 15



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/014642

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F21V8/00 F21V5/04 F21W131/406 F21V14/06 G02B3/08
F21S8/10 F21V14/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G02B F21V F21S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 167 868 A (COEMAR S.P.A) 2 January 2002 (2002-01-02) paragraph '0020! - paragraph '0024! figure 1a	1-67
A	US 2003/063466 A1 (KITTELMANN RUEDIGER ET AL) 3 April 2003 (2003-04-03) cited in the application abstract; figures	1-67
A	US 2002/024822 A1 (POND GREGORY ET AL) 28 February 2002 (2002-02-28) abstract; figures 3a-3c	1-67
A	US 5 138 540 A (KOBAYASHI ET AL) 11 August 1992 (1992-08-11) abstract; figures	1-67
	----- -/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

3 May 2005

Date of mailing of the international search report

20/05/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ward, S

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/014642

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 39 26 618 A1 (PHILIPS PATENTVERWALTUNG GMBH, 2000 HAMBURG, DE) 14 February 1991 (1991-02-14) abstract; figures -----	1-67
A	US 6 499 862 B1 (WEIGERT DEDO ET AL) 31 December 2002 (2002-12-31) abstract; figures -----	1-67
A	US 2002/114160 A1 (WEIGERT DEDO ET AL) 22 August 2002 (2002-08-22) abstract; figures -----	1-67
A	DE 34 13 310 A1 (DR.-ING. WILLING GMBH) 17 October 1985 (1985-10-17) cited in the application abstract; figures -----	1-67
A	DE 39 19 643 A1 (REICHE & VOGEL LEUCHTKUNST ZWEIGNIEDERLASSUNG DER H.M.WOERWAG GMBH, 10) 3 January 1991 (1991-01-03) cited in the application abstract; figures -----	1-67
P,A	EP 1 384 941 A (COEMAR S.P.A) 28 January 2004 (2004-01-28) abstract; figures 2,3 -----	1-67

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/014642

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1167868	A	02-01-2002	IT MI20001444 A1 EP 1167868 A2 US 2001055209 A1	27-12-2001 02-01-2002 27-12-2001
US 2003063466	A1	03-04-2003	DE 10113385 C1 EP 1241399 A2 JP 2002324410 A	29-08-2002 18-09-2002 08-11-2002
US 2002024822	A1	28-02-2002	NONE	
US 5138540	A	11-08-1992	JP 2540391 Y2 JP 4005008 U JP 4006108 U JP 8003922 Y2	02-07-1997 17-01-1992 21-01-1992 31-01-1996
DE 3926618	A1	14-02-1991	NONE	
US 6499862	B1	31-12-2002	DE 19901391 A1 CN 1261136 A ,C EP 1020681 A2	14-09-2000 26-07-2000 19-07-2000
US 2002114160	A1	22-08-2002	DE 10063134 A1 CN 1360169 A DE 50104196 D1 EP 1215437 A2	27-06-2002 24-07-2002 25-11-2004 19-06-2002
DE 3413310	A1	17-10-1985	WO 8504704 A1 EP 0176527 A1	24-10-1985 09-04-1986
DE 3919643	A1	03-01-1991	DE 59009112 D1 EP 0402845 A2 ES 2076258 T3	29-06-1995 19-12-1990 01-11-1995
EP 1384941	A	28-01-2004	IT MI20021625 A1 EP 1384941 A2 US 2004017685 A1	23-01-2004 28-01-2004 29-01-2004

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/014642

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 F21V8/00 F21V5/04 F21W131/406 F21V14/06 G02B3/08
F21S8/10 F21V14/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G02B F21V F21S

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 167 868 A (COEMAR S.P.A) 2. Januar 2002 (2002-01-02) Absatz '0020! - Absatz '0024! Abbildung 1a -----	1-67
A	US 2003/063466 A1 (KITTELMANN RUEDIGER ET AL) 3. April 2003 (2003-04-03) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Abbildungen -----	1-67
A	US 2002/024822 A1 (POND GREGORY ET AL) 28. Februar 2002 (2002-02-28) Zusammenfassung; Abbildungen 3a-3c -----	1-67
A	US 5 138 540 A (KOBAYASHI ET AL) 11. August 1992 (1992-08-11) Zusammenfassung; Abbildungen -----	1-67
	----- -/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

G Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

3. Mai 2005

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

20/05/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Ward, S

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 39 26 618 A1 (PHILIPS PATENTVERWALTUNG GMBH, 2000 HAMBURG, DE) 14. Februar 1991 (1991-02-14) Zusammenfassung; Abbildungen -----	1-67
A	US 6 499 862 B1 (WEIGERT DEDO ET AL) 31. Dezember 2002 (2002-12-31) Zusammenfassung; Abbildungen -----	1-67
A	US 2002/114160 A1 (WEIGERT DEDO ET AL) 22. August 2002 (2002-08-22) Zusammenfassung; Abbildungen -----	1-67
A	DE 34 13 310 A1 (DR.-ING. WILLING GMBH) 17. Oktober 1985 (1985-10-17) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Abbildungen -----	1-67
A	DE 39 19 643 A1 (REICHE & VOGEL LEUCHTKUNST ZWEIGNIEDERLASSUNG DER H.M.WOERWAG GMBH, 10) 3. Januar 1991 (1991-01-03) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Abbildungen -----	1-67
P,A	EP 1 384 941 A (COEMAR S.P.A) 28. Januar 2004 (2004-01-28) Zusammenfassung; Abbildungen 2,3 -----	1-67

INTERNATIONALE RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/014642

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1167868	A	02-01-2002	IT MI20001444 A1	27-12-2001
			EP 1167868 A2	02-01-2002
			US 2001055209 A1	27-12-2001
US 2003063466	A1	03-04-2003	DE 10113385 C1	29-08-2002
			EP 1241399 A2	18-09-2002
			JP 2002324410 A	08-11-2002
US 2002024822	A1	28-02-2002	KEINE	
US 5138540	A	11-08-1992	JP 2540391 Y2	02-07-1997
			JP 4005008 U	17-01-1992
			JP 4006108 U	21-01-1992
			JP 8003922 Y2	31-01-1996
DE 3926618	A1	14-02-1991	KEINE	
US 6499862	B1	31-12-2002	DE 19901391 A1	14-09-2000
			CN 1261136 A ,C	26-07-2000
			EP 1020681 A2	19-07-2000
US 2002114160	A1	22-08-2002	DE 10063134 A1	27-06-2002
			CN 1360169 A	24-07-2002
			DE 50104196 D1	25-11-2004
			EP 1215437 A2	19-06-2002
DE 3413310	A1	17-10-1985	WO 8504704 A1	24-10-1985
			EP 0176527 A1	09-04-1986
DE 3919643	A1	03-01-1991	DE 59009112 D1	29-06-1995
			EP 0402845 A2	19-12-1990
			ES 2076258 T3	01-11-1995
EP 1384941	A	28-01-2004	IT MI20021625 A1	23-01-2004
			EP 1384941 A2	28-01-2004
			US 2004017685 A1	29-01-2004